



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 609 802 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94101381.5**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **C10J 3/26, C10J 3/80**

22 Anmeldetag: **31.01.94**

30 Priorität: **02.02.93 CH 296/93**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**10.08.94 Patentblatt 94/32**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**

71 Anmelder: **JUCH, Helmut  
Haselweg 707  
CH-4614 Hägendorf(CH)**

72 Erfinder: **JUCH, Helmut  
Haselweg 707  
CH-4614 Hägendorf(CH)**

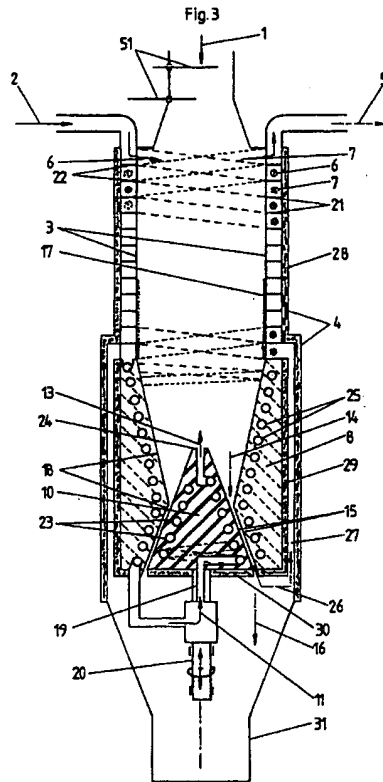
74 Vertreter: **Schaumburg, Thoenes & Thurn  
Postfach 86 07 48  
D-81634 München (DE)**

54 **Kontinuierliche Entgasung und/oder Vergasung eines festen Brennstoffs oder Abfallstoffs.**

57 Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen Vergasung/Entgasung eines stückigen, sortierten und aufbereiteten Brennstoffs/Abfallstoffs in einem schachtartigen Reaktor (3), wobei Beschickung, gasförmiges Vergasungsmittel und erzeugter gasförmiger Brennstoff im Gleichstrom absteigend geführt werden und das Vergasungsmittel (6) in einem sich in der Mantelpartie befindlichen schraubenlinienförmigen Gegenstrom-Wärmeaustauscher (21; 22) vom gasförmigen Brennstoff (7) vorgewärmt und in schraubenlinienförmigen oder wellenförmigen Kanälen (25; 23; 35) im keramischen Herdkörper (8) und in einem als Herdabschluss dienenden beweglichen oder festen, in die untere Partie der Beschickung hineinragenden kegel- oder paraboloidförmigen Zentralkörper (10) weiter aufgeheizt wird. Der Rost wird durch ein einen Vollkegel (10) oder einen hohlkegelförmigen Ringkörper (47; 50) darstellendes, drehbares, vertikal verschiebbares Gegenstück gebildet, das gegenüber der unteren Herdpartie einen einstellbaren ringförmigen Durchlass (15) zum Abzug des erzeugten gasförmigen Brennstoffs (14; 26) und zum Austrag (16) der festen oder flüssigen Reaktionsprodukte in Form von Asche, Schlacke, Destillationsrückstände offen lässt.

EP 0 609 802 A1

EP 0 609 802 A1



## EP 0 609 802 A1

Technisches Gebiet

Entgasung und Vergasung von festen organischen Energieträgern zwecks Ueberführung in gasförmige Energieträger.

5 Die Erfindung bezieht sich auf die Entgasung und Vergasung von festen kohlenstoffhaltigen Brenn- und Abfallstoffen und eines dazu geeigneten, den verschiedenen ökologischen und Betriebsbedingungen gerecht werdenden Apparates zur kontinuierlichen Bereitstellung eines gasförmigen Sekundärbrennstoffs.

Im engeren Sinne betrifft die Erfindung ein Verfahren zur kontinuierlichen, mindestens teilweisen Ueberführung eines festen stückigen Brennstoffs oder brennbaren Abfallstoffs in einen gasförmigen Brenn-  
10 stoff durch Vorsortierung, Aufbereitung, mindestens teilweise Entgasung und/oder mindestens teilweise Vergasung in einem vertikalachsigen schachtartigen Reaktor, wobei das Ausgangsmaterial in Form einer nach abwärts rutschenden Beschickungssäule sukzessive eine Vorwärmungs- und Trocknungs-, eine Entgasungs-, eine Oxydations- und eine Reduktionszone durchläuft, das vorgewärmte gasförmige Vergasungsmittel zentral in die untere Partie des Inneren der Beschickungssäule injiziert wird und die durch  
15 Entgasung und Vergasung erzeugten, schliesslich den gewünschten gasförmigen Brennstoff bildenden gas- und dampfförmigen Reaktionsprodukte im Gleichstrom zur Beschickungssäule vertikal absteigend nach unten geführt, nach oben umgelenkt und auf der Aussenseite der Reaktorwand streichend vertikal im Gegenstrom zur Beschickungssäule nach oben geleitet werden.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der mindestens teilwei-  
20 sen Entgasung und/oder mindestens teilweisen Vergasung eines vorsortierten, aufbereiteten festen stückigen Brennstoffs oder brennbaren Abfallstoffs, wobei die Vorrichtung aus einem vertikalachsigen schachtartigen Reaktor mit gasdichter Beschickungseinrichtung und gasdichter Ascheaustrag- oder Schlackenaus-  
Einrichtung, ferner aus einer Einleitung des gasförmigen Vergasungsmittels und einer Ableitung des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs sowie aus Wärmeaustauschern besteht, dergestalt, dass ein minde-  
25 stens teilweise mit einer hochfeuerfesten Auskleidung versehener Reaktorschacht und ein eine nach unten zunehmende Verengung aufweisender hochfeuerfester keramischer Herd, dessen Unterseite mit einem als Rost mit veränderbarem Durchlassquerschnitt wirkenden, vertikal verschiebbaren, drehbaren keramischen Gegenstück abschliessbar ist, ferner ein dreifacher zylindrischer Mantel sowie eine frei bewegliche Reaktor-  
schacht-Aufhängung vorgesehen ist.

30

Stand der Technik

Verfahren und Vorrichtungen zur kontinuierlichen oder intermittierenden Entgasung und Vergasung von festen fossilen Brennstoffen sind in Form von Gasgeneratoren, Holzvergasern und anderen Geräten und  
35 den damit durchgeführten Prozessen in sehr grosser Anzahl bekannt. Dabei wird zwischen Verfahren und Geräten für kontinuierlichen oder intermittierenden Betrieb, für stückigen oder feinstpartikelartigen Einsatz und für die Verarbeitung von Kohlen oder Holz unterschieden. Zur Vergasung von Kohlen mit geringem Anteil von flüchtigen und kondensierbaren Bestandteilen wird meist die aufsteigende Vergasung im Gegenstrom zur Beschickungssäule angewendet, während zur Vergasung von Holz und Torf, welche einen  
40 hohen Anteil an kondensierbaren Bestandteilen (Teere, Alkohole, Essigsäure etc.) liefern, die absteigende Vergasung im Gleichstrom zur Beschickungssäule bevorzugt wird. Bei letzterer werden die für die Herstellung eines reinen Generatorgases als Sekundärbrennstoff unerwünschten Dämpfe der kondensierbaren Bestandteile durch das heisse Glutbett im unteren Teil der Beschickungssäule geführt, thermisch zersetzt, pyrolytisch gespalten und mit dem Kohlenstoff zu unschädlichen niedrigmolekularen Gasen  
45 umgesetzt. Diese chemischen Umsetzungen erfordern aus thermodynamischen und reaktionskinetischen Gründen eine bestimmte Minimaltemperatur. Dies bezieht sich sowohl auf die in der Beschickungssäule erzielte durchschnittliche Höchsttemperatur wie auf die örtliche absolute Maximaltemperatur. Es hat deshalb nicht an jahrzehntelangen Versuchen gefehlt, die sogenannte Hochtemperaturvergasung zu verwirklichen. Zu diesem Zweck muss das Vergasungsmittel (meist Luft) möglichst örtlich konzentriert der Beschickungs-  
50 säule zentral zugeführt werden. Die üblichen Konstruktionen von Gasgeneratoren mit peripheren Düsen im Herd für die Zuführung des Vergasungsmittels sind dafür weniger geeignet. Die versuchte zentrale Zuführung scheiterte jedoch meist an der Werkstoffproblematik. Metallische Werkstoffe (ohne aktive Kühlung) kommen für die auftretenden lokalen Maximaltemperaturen von über 1500°C nicht mehr in Frage. Herkömmliche keramische Werkstoffe scheitern meist wegen ihrer Sprödigkeit aus.

55 Ein weiteres Thema ist die einwandfreie betriebliche Beherrschung des Austrags der festen und/oder flüssigen Produkte am unteren Ende des Herdes. Als Abschlussorgan dient - nach dem Vorbild der Feuerungen - ein sogenannter Rost, der die Asche durchfallen oder die Schlacke abfliessen oder gegebenenfalls die nicht zu vergasenden hochkohlenstoffhaltigen Bestandteile (Koks, Holzkohle) austragen lässt.

## EP 0 609 802 A1

Es sind zahlreiche Rostkonstruktionen, unter anderem auch Drehroste bekanntgeworden, die meist aus metallischen Werkstoffen gefertigt wurden und wegen beschränkter Warmfestigkeit und ungenügender Hochtemperatur-Korrosionsfestigkeit nicht voll befriedigen konnten. In neuester Zeit wurde das Problem durch einen drehbaren kegelförmigen keramischen Körper in guter Annäherung gelöst. Durch den von diesem Körper zusammen mit dem Herd gebildeten, für den Austrag vorgesehenen Ringspalt lässt sich der Durchsatz des Primärbrennstoffs in weiten Grenzen regeln.

Ausgeführte Gasgeneratoren für Holz als Einsatz arbeiten üblicherweise im Gleichstrom mit absteigender Vergasung und benutzen den Mantel zur beschränkten Vorwärmung der üblicherweise als Vergasungsmittel benützten Luft. Es sind auch schon zusätzliche Luftvorwärmungseinrichtungen im Bereich der Herdpartie vorgeschlagen worden, oder es wurde versucht, letztere durch spezielle Kühlluft unterhalb erträglicher Temperaturen zu halten. Zentrale Luftzuführungsrohre zur Einleitung des Vergasungsmittels ins Innere der Beschickungssäule von oben, von der Seite oder von unten sind schon ausgeführt worden. Ihre Bewährung scheiterte jedoch meist an einer unzulässigen Behinderung der abwärts gerichteten Bewegung der Beschickung und führte zu Verstopfungen, zu Kanalbildung oder zum berüchtigten "Hängen" der letzteren. Eine wirkungsvolle Luftvorwärmung im zentralen Luftzuführungsrohr ist nur ausnahmsweise versucht worden und bezog sich in der Regel nur auf einen Teilluftstrom. Ihre Wirkung ist überdies sehr zweifelhaft. In zahlreichen vorgeschlagenen Geräten wurde auf eine Luftvorwärmung überhaupt verzichtet, so dass weder mit einer hohen Vergasungstemperatur noch mit einem hohen Wirkungsgrad gerechnet werden kann. Zur teilweisen Abkühlung der erzeugten Gase wird üblicherweise der Mantel des Reaktorschachts wenigstens teilweise benutzt, indem das Gas durch einen hohlzylindrischen Ringraum geleitet wird. Diese Art der Gaskühlung ist entsprechend der niedrigen Gasgeschwindigkeiten sehr unvollständig, so dass hier mit weiteren Wärmeverlusten gerechnet werden muss. Innerhalb oder unterhalb der Herdpartie des Gasgenerators befindet sich der Rost, der oft zu Betriebsstörungen und Schwierigkeiten Veranlassung gab. Ausser den üblichen festen, gitter- oder zaunartigen Rostkonstruktionen sind auch bewegliche Ausführungen in Form von plattenartigen Drehrosten, kettenartigen Wandergittern oder durchbrochenen Einzel- oder Mehrfachwalzen bekannt geworden. Trotz zum Teil sehr weitgehender Mechanisierung derartiger Geräte befriedigten sie nie recht ganz. Wohl kann damit ein einigermaßen sicherer Ascheaustrag gewährleistet werden, doch ist ihre Rückwirkung auf die darüber gelagerte Beschickungssäule und damit deren günstige Beeinflussung gering.

Es wurde schon vor sehr langer Zeit versucht, auf kontinuierliche Art und Weise Primärbrennstoffe teilweise oder vollständig zu entgasen, um geeignetere feste Sekundärbrennstoffe wie Koks, Halbkoks, Holzkohle etc. herzustellen. Die meisten dafür vorgeschlagenen Geräte wiesen einen schachtartigen Aufbau auf und waren vollständig aus feuerfesten Steinen gefertigt. Im einen Fall wurden sie von aussen beheizt, was verhältnismässig dünne, mechanisch empfindliche keramische Wände und einen hohen Aufwand an Heizenergie bedingte. Im anderen Fall wurde die Beschickungssäule von innen durch Teilverbrennung des Primärbrennstoffs beheizt, was ein vergleichsweise schlechteres Gas zur Folge hatte und bezüglich optimaler Führung des Entgasungsprozesses speziell hinsichtlich Temperaturverteilung zu wünschen übrig liess. Die Austragsorgane waren oft mangelhaft konzipiert und erlaubten kaum eine Beeinflussung des Verhaltens der Beschickungssäule im Sinne der Erzielung optimaler mechanischer und thermodynamischer Verhältnisse. Die vorgenannten Verfahren und Vorrichtungen vermochten deshalb die klassischen Kammeröfen der Gaswerke und Kokereien und den traditionellen Kohlenmeiler nicht zu verdrängen.

Aus dem Vorstehenden geht klar hervor, dass trotz jahrzehntealter Praxis auf dem Gebiet der Umwandlung kohlenstoffhaltiger fester Primärenergieträger in geeignetere gasförmige oder teilweise gasförmige, teilweise feste Sekundärbrennstoffe ein geeignetes, universell anwendbares Verfahren und das entsprechende vielseitige und anpassungsfähige Gerät zu dessen wirtschaftlicher Durchführung weitgehend fehlt.

Die Beseitigung und Weiterbehandlung von Abfallstoffen jeglicher Art, insbesondere von Müll, Kehrriecht etc. ist in letzter Zeit zu einem gravierenden Problem sowohl der Ökologie wie der Ökonomie geworden. Die bisher üblichen Deponien werden über kurz oder lang wegen ihres schädlichen Einflusses auf die Umwelt nicht mehr zulässig sein. Man ist daher bezüglich Beseitigung brennbarer Abfallstoffe mehr und mehr zu sogenannten Kehrriechtverbrennungsanlagen übergegangen. Dieses Verfahren läuft nun zufolge seiner zum Teil toxischen Emissionen ebenfalls Gefahr, in Schwierigkeiten zu kommen. Abgesehen von der schlechten Verwertung der anfallenden thermischen Energie müssen derartige Anlagen vermehrt mit aufwendigen Katalysatorbatterien und anderen Gasreinigungs- und Gasumsetzungsvorrichtungen ausgerüstet werden. Die Umstellung auf andere als Verbrennungsverfahren ist daher zur Zeit ein Gebot der Stunde.

Zum Stand der Technik werden die nachfolgenden Druckschriften zitiert:

- US-PS 4 344 772
- US-PS 4 306 506

## EP 0 609 802 A1

- US-PS 4 309 195
- US-PS 4 389 222
- CH-PS 678 973

Die bisher üblichen und bekannten Entgasungs- und Vergasungsverfahren und die entsprechenden, zu ihrer Durchführung marktgängigen Geräte lassen in vieler Hinsicht zu wünschen übrig. Ein weiterer Aspekt ist die zurzeit unbefriedigende Situation auf dem Gebiet der Abfall- und Müllbeseitigung und -Verwertung, die dringend nach besseren ökologischen Lösungen verlangt. Es besteht daher ein grosses Bedürfnis zur Weiterentwicklung, Vervollkommnung und Universalisierung der genannten Verfahren und Vorrichtungen sowie deren Anwendungen.

10

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung obliegt die Aufgabe, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur kontinuierlichen, mindestens teilweisen Entgasung und/oder Vergasung eines stückigen primären kohlenstoffhaltigen festen Energieträgers in Form eines Brennstoffs und/oder brennbaren Abfallstoffs in einem schachtartigen Reaktor anzugeben, das bei höchstmöglicher Einfachheit in Prozessführung und Anlage sich universell anwenden lässt und unmittelbar, ohne zusätzliche Reinigungs-, Entstaubungs- und Entgiftungseinrichtungen und Katalysatorbatterien einen möglichst reinen, direkt zu motorischen, chemischen, metallurgischen oder Heizzwecken verwendbaren gasförmigen Brennstoff liefert. Das Verfahren soll einen möglichst hohen Wirkungsgrad haben und den Exergieinhalt des primären Energieträgers unter Vermeidung der üblichen Verluste maximal ausnutzen. Die Vorrichtung soll insbesondere für die Verarbeitung von organischem Abfall wie Kehrlicht, Müll, Klärschlamm, Holz- und Papierabfällen etc. geeignet sein und eine rasche Anpassung an die verschiedenen Einsatzmaterialien ohne Zeitverlust oder Betriebsunterbrechung ermöglichen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass im eingangs erwähnten Verfahren das gasförmige Vergasungsmittel mit hoher Geschwindigkeit zunächst in einer schraubenlinienförmigen, nach abwärts gerichteten Bewegung im Gegenstrom zu einer entsprechenden aufwärts gerichteten schraubenlinienförmigen Bewegung des erzeugten gasförmigen Brennstoffs innerhalb der Mantelpartie des schachtartigen Reaktors geführt und erwärmt wird, in ebenfalls schraubenlinienförmiger Bewegung durch das Innere eines Herdkörpers mit hoher Wärmekapazität geleitet und weiter erwärmt, am unteren Ende des Reaktors vertikal nach oben umgelenkt und nach Durchlaufen einer künstlich verlängerten Strecke unter gleichzeitiger Weitererwärmung im Innern eines von unten in die untere Partie der Beschickungssäule hineinragenden Zentralkörpers in letztere injiziert wird, und dass der die Beschickungssäule verlassende erzeugte gasförmige Brennstoff durch einen ringförmigen Durchlass nach unten ausgestossen, umgelenkt und mit hoher Geschwindigkeit im Gegenstrom zum Vergasungsmittel geführt und gekühlt wird, und dass die hohe Wärmekapazität des Herdkörpers zur Ueberbrückung von Betriebsunterbrüchen und zur Durchführung von ein bestimmtes Temperaturprogramm erheischenden, dem kontinuierlichen Verfahren überlagerten intermittierenden Prozessen herangezogen wird.

Die Aufgabe wird ferner dadurch gelöst, dass in der eingangs erwähnten Vorrichtung für die Zufuhr des gasförmigen Vergasungsmittels zwischen dessen Einleitung und dessen Ausstoss in die Beschickungssäule eine Reihe von nach steigender Temperatur hintereinander geschalteter örtlich in fallender Richtung angeordneter im wesentlichen aus zylindrischen oder kegelförmigen Grundformen bestehender Wärmeaustauscher vorgesehen ist, und dass ein keramischer Zentralkörper zur Führung und Injektion des gasförmigen Vergasungsmittels von unten in die untere Partie der Beschickungssäule hinein vorgesehen ist, der vergleichsweise tief in letztere hineinragt.

45

Weg zur Ausführung der Erfindung

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden, durch Figuren näher erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

50 Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine prinzipielle schematische Darstellung der Materialströme des Verfahrens (Fließdiagramm),
- Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch den prinzipiellen Aufbau der Vorrichtung mit den Strömen der gasförmigen Medien (perspektivisch),
- Fig. 3 einen vereinfachten Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch die Vorrichtung,
- Fig. 4 einen schematischen Vertikalschnitt durch die Mantelpartie des Reaktorschachts mit einer ersten Ausführung des Wärmeaustauschers,
- Fig. 5 einen schematischen Vertikalschnitt durch die Mantelpartie des Reaktorschachts mit einer

## EP 0 609 802 A1

- zweiten Ausführung des Wärmeaustauschers,
- Fig. 6 eine perspektivische Darstellung einer ersten Ausführung des Vollkegels als Gegenstück, Herdabschluss und Rost mit Führung des Vergasungsmittels,
- Fig. 7 eine perspektivische Darstellung einer zweiten Ausführung des Vollkegels als Gegenstück, Herdabschluss und Rost mit Führung des Vergasungsmittels,
- Fig. 8 einen schematischen Längsschnitt einer Rohrverbindung für Umlaufgasführung, zusätzlich mit Wärmeaustauscher,
- Fig. 9 einen Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch eine Ausgestaltung der Herd/Rostpartie mit feststehendem konischen Zentralkörper,
- Fig. 10 einen Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch eine Ausgestaltung der Herd/Rostpartie mit feststehendem parabolischen Zentralkörper.

Fig. 1 ist eine prinzipielle schematische Darstellung der Materialströme des Verfahrens (Fließdiagramm). Es handelt sich um eine gezielt organisierte Behandlung und Verarbeitung von im wesentlichen kohlenstoffhaltigen Primärenergieträgern unter möglichst weitgehender Berücksichtigung oekologischer und oekonomischer Verhältnisse (Umweltbedingungen). Das Verfahren besteht prinzipiell in einem Aussondern, Auslesen und Ausscheiden der anfallenden Ausgangsstoffe, Abzweigen nichtbrennbarer Materialien, Aufbereiten und Mischen der auf diese Weise vorkonzentrierten wirklichen Primärenergieträger in einem Zwischenprodukt, gegebenenfalls Zerkleinern oder umgekehrt Kompaktieren zur Herstellung einer für die Weiterverarbeitung geeigneten stückigen Beschickung für einen thermischen Reaktor und Entgasen bzw. Vergasen der letzteren zu einem gasförmigen Sekundärbrennstoff. Letzterer fällt durch optimale Prozessführung mit höchstmöglicher Reinheit an, so dass er direkt in thermischen Maschinen (Kolbenmaschinen, Gasturbinen) ausgenutzt, in Feuerungen oder Heizungen verwendet oder zu chemischen und metallurgischen Zwecken als Reduktionsmittel benutzt werden kann. Das Diagramm erfordert keine weiteren Erklärungen.

In Fig. 2 ist ein schematischer Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch den prinzipiellen Aufbau der Vorrichtung mit den Strömen der gasförmigen Medien (perspektivisch) dargestellt. Der oben angedeutete, senkrecht nach unten gerichtete Pfeil stellt die Aufgabe der in Form von stückigem Brennstoff vorliegenden Beschickung dar. 2 ist die Einleitung des gasförmigen Vergasungsmittels (im vorliegenden Fall bevorzugt atmosphärische Luft) in den schachtartigen Reaktor 3 (im wesentlichen eine zylindrische Wand), auch abgekürzt als Reaktorschacht bezeichnet. Der Strom des Vergasungsmittels ist durchwegs als volle ausgezogene Linie, derjenige des erzeugten gasförmigen Sekundärbrennstoffs als durchbrochene strichpunktierte Linie dargestellt. 4 ist der Aussenmantel des schachtartigen Reaktors, 5 die Ableitung des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs. 6 stellt die schraubenlinienförmige Führung (Trajektorie) des gasförmigen Vergasungsmittels in der Mantelpartie des Reaktors dar. 7 ist die entsprechende, örtlich dazwischengeschaltete schraubenlinienförmige Führung des gasförmigen Brennstoffs in der Mantelpartie, die im Gegenstrom zu 6 erfolgt. Es handelt sich hier also um eine Wärmeübertragung längs eines wendelförmigen Wärmeaustauschers, wobei der Strom des Vergasungsmittels aufgeheizt (Vorwärmung) derjenige des gasförmigen Brennstoffs abgekühlt wird. Mit 8 ist der Herd bzw. konkret der feuerfeste keramische Herdkörper bezeichnet. 9 ist die schraubenlinienförmige Führung des Vergasungsmittels im Herdkörper 8 zum Zweck einer weiteren Aufheizung. 10 stellt einen Vollkegel als Gegenstück zum Herd, Herdabschluss und Rost dar, der von unten in die Beschickungssäule hineinragt. Im vorliegenden Fall ist der Vollkegel 10 um seine Achse drehbar und in seiner Längsrichtung vertikal verschiebbar angeordnet. 11 ist die von unten vertikal nach oben gerichtete Zuführung des Vergasungsmittels in den Vollkegel 10, 12 die schraubenlinienförmige Führung und der Pfeil 13 der vertikale Ausstoss des Vergasungsmittels aus dem Vollkegel (Injektion ins Innere der Beschickung). 14 stellt den in der Beschickung erzeugte, vertikal nach unten strömende gasförmige Brennstoff dar. Letzterer wird umgelenkt und zwischen Herd 8 und Aussenmantel 4 vertikal nach oben geleitet. Zwischen Herd 8 und Gegenstück (im vorliegenden Fall Vollkegel 10) befindet sich der den Rost bildende ringförmige Durchlass 15, dessen Querschnitt einstellbar ist. 16 ist der Austrag fester und/oder flüssiger Reaktionsprodukte, der je nach Betriebsführung aus Asche, Schlacke und festem Destillationsrückstand (Koks, Halbkoks, Holzkohle, teilweise entgastetes kohlenstoffhaltiges Erzeugnis) besteht.

In Fig. 3 ist ein vereinfachter Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch die Vorrichtung dargestellt. Die Bezugszeichen 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 13 und 16 entsprechen genau denjenigen der Fig. 2. Am Eingang des Reaktors bei der Aufgabe 1 der Beschickung befindet sich eine Beschickungseinrichtung mit gasdichten Beschickungsschleusen 51 in Form von in Horizontalebene liegenden, linear oder drehbar zu öffnenden bzw. zu schliessenden Schiebern. Die Beschickung rutscht durch Gravitation vertikal innerhalb des kreisförmigen Querschnitts der zylindrischen Wand des schachtartigen Reaktors 3 herunter. In der Mantelpartie des Reaktors zwischen Aussenmantel 4 und Wand 3 befindet sich ein aus je einem

## EP 0 609 802 A1

schraubenlinienförmigen Kanal 21 für das Vergasungsmittel und einem ebensolchen Kanal 22 für den gasförmigen Brennstoff bestehender Wärmeaustauscher. Die Kanäle 21 und 22 in Wendelform sind im vorliegenden Fall nach Art eines zweigängigen Gewindes ineinandergeschachtelt und werden von den gasförmigen Medien in entgegengesetzter Richtung durchströmt. In diesem Wärmeaustauscher ist also der Strom des Vergasungsmittels nach abwärts, der des gasförmigen Brennstoffs nach aufwärts gerichtet. Dies ist auch durch die mit Punkten und Kreuzchen versehenen Ringe (= Pfeile im Querschnitt) der Symbole 6 und 7 angedeutet. Dabei beziehen sich die vollen Linien 6 auf das Vergasungsmittel, die durchbrochenen Linien auf den gasförmigen Brennstoff. Der Reaktorschacht 3 weist in seinem unteren Teil eine feuerfeste Auskleidung 17 auf, während der Aussenmantel 4 über seiner ganzen Länge mit einer wärmedämmenden Isolierschicht 28 versehen ist. Der feuerfeste Herdkörper 8 hat ein doppelkegelförmiges konkaves Innenprofil 18 mit Verengung und ist längs des letzteren mit mindestens einem kegelig-schraubenlinienförmigen Kanal 25 für das Vergasungsmittel in Form eines nach abwärts führenden Wendels ausgerüstet. Dieser Wendel dient gleichzeitig zur weiteren Vorwärmung des gasförmigen Vergasungsmittels und zur Kühlung der heissesten Zone des Herdkörpers 8. Letzterer ist zwecks Herabsetzung von Wärmeverlusten allseitig auf seiner äusseren Begrenzungsfläche mit einer wärmedämmenden Isolierschicht 29 versehen. Nach dem Durchströmen des Kanals 25 gelangt das Vergasungsmittel (nach oben gerichtete Zuführung 11) über ein nicht näher bezeichnetes flexibles Verbindungsstück in das den Vollkegel 10 als Gegenstück tragende Zuführungsrohr 19. Mit letzterem fest verbunden und als Träger und Führung des Vollkegels 10 dienend, ist die koaxiale, in vertikalen Lagern gelagerte Welle 20 vorgesehen. Diese ist sowohl drehbar wie auch vertikal verschiebbar ausgeführt. Die betreffenden Antriebsmechanismen sind der Uebersichtlichkeit halber weglassen worden. Der auf seiner unteren Stirnseite mit einer wärmedämmenden Isolierschicht 30 versehene Vollkegel 10 ist in seinem Innern mit mindestens einem kegelig-schraubenlinienförmigen Kanal 23 (Wendelform) für das Vergasungsmittel versehen, der an der Kegelspitze in der Austrittsöffnung 24 (vertikaler Ausstoss 13 und Injektion in die Beschickung) endet. Der in der Beschickung erzeugte, vertikal nach unten strömende gasförmige Brennstoff 14 (strichpunktierter Pfeil) passiert den ringförmigen, den Rost bildenden Durchlass 15 zwischen Herd 8 und Gegenstück (im vorliegenden Fall Vollkegel 10), erleidet eine Umlenkung 26 unterhalb der Herd/Rost-Partie und gelangt in den hohlzylindrischen Raum 27 zwischen Herd 8 und Aussenmantel 4, wo er vertikal nach oben geführt wird. Am oberen Ende des Raumes 27 wird der gasförmige Brennstoff in den schraubenlinienförmigen Kanal 22 in der Mantelpartie des Reaktors eingeleitet. Ueber den Durchlass 15 fallen die festen und flüssigen Reaktionsprodukte (Asche, Schlacke, Destillationsrückstände) senkrecht nach unten (durch vertikalen gestrichelten Pfeil Austrag 16 angedeutet) in den hiefür vorgesehenen Behälter 31.

Fig. 4 bezieht sich auf einen schematischen Vertikalschnitt durch die Mantelpartie des Reaktorschachts mit einer ersten Ausführung des Wärmeaustauschers. Im vorliegenden Fall ist in radialer Richtung lediglich eine Schicht vorhanden. Diese wird begrenzt durch die eigentliche zylindrische Wand 3 des schachtartigen Reaktors und die äussere Begrenzung 32 der schraubenlinienförmigen Kanäle, die gleichzeitig die zylindrische Innenseite des Aussenmantels 4 darstellt. Die als Wendel ausgeführten Kanäle für die gasförmigen Medien sind nach dem Prinzip eines zweigängigen Gewindes ineinandergeschachtelt. Im schraubenlinienförmigen Kanal 21 für das Vergasungsmittel erfolgt die Strömung senkrecht zur Zeichnungsebene auf den Beschauer zu, was durch das Profil der Pfeilspitze 6 (Ring mit Punkt) angedeutet ist. Im schraubenlinienförmigen Kanal 22 für den erzeugten gasförmigen Brennstoff erfolgt die Strömung senkrecht zur Zeichnungsebene vom Beschauer weg, was durch das Profil des Pfeilendes 7 (Ring mit Kreuz, gestrichelt gezeichnet) dargestellt ist. Die Führung der gasförmigen Medien erfolgt also gegenläufig (Gegenstromprinzip), so dass ein optimaler Wärmeübergang gewährleistet ist und der erzeugte gasförmige Brennstoff den Reaktor bei tiefstmöglicher Temperatur verlässt. Es werden mittlere Geschwindigkeiten der gasförmigen Medien von ca. 3 m/s angestrebt. 28 ist die wärmedämmende Isolierschicht des Aussenmantels 4.

Fig. 5 zeigt einen schematischen Vertikalschnitt durch die Mantelpartie des Reaktorschachts mit einer zweiten Ausführung des Wärmeaustauschers. In diesem Fall sind in vertikaler Richtung zwei Schichten vorhanden. Sie werden begrenzt durch die eigentliche zylindrische Wand 3 des schachtartigen Reaktors, den wärmeleitenden Zwischenmantel 33 und die äussere Begrenzung 32 der schraubenlinienförmigen Kanäle, die gleichzeitig die zylindrische Innenseite des Aussenmantels 4 darstellt. Die als Wendel ausgeführten Kanäle für die gasförmigen Medien sind nach dem Prinzip von zwei radial übereinander angeordneten Gewinden (Aussengewinde + Innengewinde) übereinandergestülpt. Im vorliegenden Fall ist der schraubenlinienförmige Kanal 21 für das Vergasungsmittel gegenüber dem Kanal 22 für den gasförmigen Brennstoff axial um die halbe Steigung versetzt angeordnet, um die Konstruktion bezüglich Festigkeit einerseits und Spannungsfreiheit andererseits günstiger zu gestalten. Betreffend Strömungen der gasförmigen Medien (Pfeilspitzen 6 und Pfeilenden 7 im Profil) gilt das unter Fig. 4 Gesagte. Auch hier handelt es sich um das Gegenstromprinzip. Die Funktion der wärmedämmenden Isolierschicht 28 versteht sich von

## EP 0 609 802 A1

selbst.

Fig. 6 bezieht sich auf eine perspektivische Darstellung einer ersten Ausführung des Vollkegels als Gegenstück, Herdabschluss und Rost mit Führung des Vergasungsmittels. 10 stellt den Vollkegel dar, der als Gegenstück, Herdabschluss und Rost wirkt und von unten in das Innere des untersten Teils der Beschickungssäule hineinragt. Der Vollkegel 10 weist Hohlräume zur Führung und weiteren letzten Aufheizung des Vergasungsmittels (meist Luft) auf. Im vorliegenden Fall ist ein einziger zusammenhängender Hohlraum in Form eines auf einer virtuellen Kegelmantelfläche liegenden schraubenlinienförmigen Kanals 23 mit kreisrundem Querschnitt vorhanden. Selbstverständlich kann der Querschnitt auch eine andere Form, z.B. die eines Sechsecks oder Vierecks etc. aufweisen. 34 ist die sich an der unteren Stirnfläche des Vollkegels 10 befindliche Eintrittsöffnung, 24 die gegenüber an der Kegelspitze liegende Austrittsöffnung für das Vergasungsmittel. Uebersichtlichkeitshalber ist die Darstellung absichtlich so gewählt, dass der Vollkegel 10 durchsichtig erscheint, während der Kanal 23 wie ein aus vollem Material bestehender Wendel wirkt. Dies entspricht der bei der Herstellung des keramischen Körpers erforderlichen hohlen Form einerseits und dem notwendigen massiven Kern andererseits.

Fig. 7 zeigt eine perspektivische Darstellung einer zweiten Ausführung des Vollkegels als Gegenstück, Herdabschluss und Rost mit Führung des Vergasungsmittels. 10 stellt den Vollkegel dar, dessen Funktionen identisch denjenigen sind, die in Fig. 6 beschrieben sind. Der einzige zusammenhängende Hohlraum zur Führung des Vergasungsmittels hat hier die Form eines auf einer virtuellen Kegelmantelfläche liegenden wellenlinienförmigen Kanals 35 mit kreisrundem Querschnitt. 34 und 24 entsprechen den Bezugszeichen der Fig. 6. Die Darstellungsweise des Vollkegels 10 als hohle Form und des Kanals 35 als massiver Kern entspricht ebenfalls derjenigen der Fig. 6. Das gleiche gilt für das über Kanalquerschnitte Gesagte.

In Fig. 8 ist ein schematischer Längsschnitt einer Rohrverbindung für Umlaufgasführung, zusätzlich mit Wärmeaustauscher dargestellt. Am Rand der linken Bildhälfte ist die Kontur des schachtartigen Reaktors in dünnen Linien angedeutet. Die Bezugszeichen 3, 10, 18 und 27 entsprechen genau denjenigen der Fig. 3. Der strichpunktierte Pfeil 36 bedeutet die Umlaufgasentnahme aus der unteren Partie der Beschickungssäule (im vorliegenden Fall im unteren Teil des Herdraumes). Das Umlaufgas dient zur wirkungsvolleren Erwärmung der Beschickung. Demgemäss stellt 37 die Umlaufgasrückgabe in die obere Partie der Beschickungssäule dar. 38 ist die entsprechende Rohrleitung für das Umlaufgas. 39 ist das erforderliche Heissgasgebläse, das für eine Temperatur von mindestens 800°C ausgelegt ist. Es weist vorteilhafterweise einen Rotor aus hochfeuerfestem keramischem Werkstoff mit hoher Warmfestigkeit und Hochtemperatur-Korrosionsbeständigkeit auf. Die Rohrleitung 38 und das Heissgasgebläse 39 sind mit einer wärmedämmenden Verkleidung versehen.

Im rechten Bildteil ist zusätzlich als Option ein Gegenstrom-Wärmeaustauscher 41 für Umlaufgas dargestellt. Er besteht aus zwei durch eine wärmeleitende Zwischenwand 44 getrennten Kammern und dient gegebenenfalls zur weiteren Aufheizung des Umlaufgases 42 (strichpunktierter Pfeil). Im Gegenstrom zu letzterem bewegt sich das Heizgas 43 (gestrichelter Pfeil). Das Heizgas kann ein speziell bereitgestelltes Brenngas oder ein Hochtemperatur-Abgas sein. Der Wärmestrom  $\dot{Q}$  ist durch den Pfeil 45 angedeutet. Diese Zusatzeinrichtung kann zur Leistungs- und Wirkungsgradsteigerung der gesamten Anlage herangezogen werden.

In Fig. 9 ist ein Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch eine Ausgestaltung der Herd/Rostpartie mit feststehendem konischen Zentralkörper dargestellt. 3 ist der eigentliche schachtartige Reaktor (zylindrische Wand, Innenseite), 4 der Aussenmantel des Reaktors. Der Herd 8 besteht aus zwei rotationssymmetrischen, koaxial zueinander angeordneten keramischen Teilen. Der äussere Teil hat eine zylindrische Aussenfläche und ein doppelkegelförmiges Innenprofil 18. Der innere Teil ist in der unteren Partie zylindrisch, in der oberen kegelig und weist einen zentralen Kanal zur Führung des Vergasungsmittels auf. An der Kegelspitze dieses Zentralkörpers befindet sich die senkrecht nach oben weisende Austrittsöffnung 46 für das Vergasungsmittel. Im Raum zwischen dem äusseren Teil und dem den Zentralkörper bildenden inneren Teil des Herdes 8 befindet sich der hohlkegelförmige, durch einen Aussenkegel und einen Innenzylinder begrenzte Ringkörper 47 als Gegenstück, Herdabschluss und Rost. Der Ringkörper 47 ist drehbar und vertikal verschiebbar gelagert (nicht gezeichnet) und bildet zusammen mit der unteren Partie des äusseren Teils des Herdes 8 einen ringförmigen, den Rost bildenden Durchlass 15, durch welchen die festen und flüssigen Reaktionsprodukte ausgetragen werden. Sowohl der äussere Teil wie der innere Teil (Zentralkörper) des Herdes 8 weist vorzugsweise einen schraubenlinienförmigen Kanal (Wendel) für das Vergasungsmittel ähnlich Fig. 3 (25 und 23) auf (in dieser Figur nicht gezeichnet).

Fig. 10 ist ein Längsschnitt (Vertikalschnitt) durch eine Ausgestaltung der Herd/Rostpartie mit feststehendem parabolischen Zentralkörper. Der schachtartige Reaktor 3 und sein Aussenmantel 4 entsprechen genau dem Aufbau gemäss Fig. 9 bzw. Fig. 3. Der Herd 8 besteht hier aus zwei rotationssymmetrischen, koaxial zueinander angeordneten keramischen Teilen von denen der äussere Teil ein Hohlzylinder ist. Der



## EP 0 609 802 A1

innere Teil ist in der unteren Partie kegelig, in der oberen paraboloidförmig und weist einen zentralen Kanal mit Verzweigungen zur Führung des Vergasungsmittels auf. Dank dieser Herdkonstruktion wird die Beschickungssäule auf ihrer Wanderung nach unten in ihrem Querschnitt nicht radial nach innen sondern radial nach aussen eingengt. Im Gegensatz zur herkömmlichen Geometrie liegt also hier ein parabolisch/kegeliges konvexes Innenprofil 48 des zentralen Teils des Herdes 8 mit peripherer Verengung des Durchsatzquerschnitts vor. 49 ist eine Austrittsöffnung für das Vergasungsmittel im zentralen Teil des Herdes 8. 50 ist ein durch einen Aussenzylinder und einen Innenkegel begrenzter hohlkegelförmiger Ringkörper als Gegenstück, Herdabschluss und Rost. Der Ringkörper 50 ist drehbar und vertikal verschiebbar gelagert (nicht gezeichnet) und bildet zusammen mit der unteren Partie des inneren Teils (Zentralkörper) des Herdes 8 einen ringförmigen einstellbaren Durchlass 15. Der äussere wie der innere Teil des Herdes 8 ist vorzugsweise mit einem schraubenlinienförmigen Kanal (Wendel) zwecks Aufheizung des Vergasungsmittels ausgerüstet (nicht gezeichnet).

Ausführungsbeispiel 1:

15

Siehe Figuren 1, 2, 3, 5, 6!

Die Anlage war für die kontinuierliche Vergasung von Altholz vorgesehen. Der Gasgenerator bestand im wesentlichen aus dem zylindrischen schachtartigen Reaktor 3, dem Aussenmantel 4 und dem doppelkegelförmigen Herd 8 mit folgenden Abmessungen:

20

Innendurchmesser des Reaktorschachtes	= 700 mm
Höhe der oberen Schachtpartie	= 1600 mm
Innendurchmesser des Aussenmantels	= 1600 mm
Aussendurchmesser des Aussenmantels	= 1800 mm
Dicke der Aussenmantelisololation	= 100 mm
Maximaler Herdinnendurchmesser	= 750 mm
Minimaler Herdinnendurchmesser (Verengung)	= 275 mm
Oeffnungswinkel des sich verjüngenden Kegels	= 40°
Oeffnungswinkel des sich erweiternden Kegels	= 60°
Höhe des Herdes	= 1400 mm
Totale Höhe des Schachtes ohne Beschickungs- und Austragsvorrichtung (aktiver Teil)	= 3500 mm
Querschnitt der schraubenlinienförmigen Kanäle	= 3,2 dm <sup>2</sup>

30

Für den schachtartigen Reaktor 3 und die Innenwand des Aussenmantels 4 wurde durchwegs korrosionsbeständiger austenitischer Cr/Ni-Stahl als Blech von 10 mm Dicke verwendet. Das gleiche gilt für den keramischen Herd 8 umschliessenden tragenden Blechmantel. Die Isolierschicht 28 des Aussenmantels 4 bestand aus Keramikwolle auf Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Basis. Die Aussenverkleidung des Aussenmantels 4 war aus niedriggekohtem Stahlblech von 3 mm Dicke gefertigt. Die 180 mm x 180 mm messenden schraubenlinienförmigen Kanäle 21 und 22 waren gemäss Fig. 5 angeordnet und bestanden samt wärmeleitender Zwischenwand 33 aus Cr/Ni-Stahlblech von 4 mm Dicke. Der über dem Herd 8 liegende Teil des Reaktors 3 war auf der Innenseite mit 5 mm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> beschichtet (Auskleidung 17). Der keramische Herdkörper 8 bestand aus einer hochtonerdehaltigen gebrannten Stampfmasse, in der sich ein kegelig schraubenlinienförmiger Kanal 25 (Wendel) von 1,2 dm<sup>2</sup> kreisförmigen Querschnitts und total 5 Windungen befand. Die mittlere Geschwindigkeit des Vergasungsmittels Luft, auf Normalzustand bezogen, betrug im Kanal 25 ca. 13 m/s. Die zylindrische Aussenwand des Herdkörpers 8 war durch eine wärmedämmende Isolierschicht 29 aus Keramikwolle von 50 mm radialer Dicke geschützt. Der Vollkegel 10 als Gegenstück, Herdabschluss und Rost hatte einen Oeffnungswinkel von 60° und einen grössten Durchmesser von 620 mm. Er war aus hochtonerdehaltiger Keramik gefertigt und wies 3 1/2 Windungen eines kegeligschraubenlinienförmigen Kanals 23 von 0,5 dm<sup>2</sup> kreisförmigen Querschnitts auf. Die Geschwindigkeit des Vergasungsmittels, auf Normalzustand bezogen, betrug im Kanal 23 ca. 32 m/s. Der Vollkegel 10 liess sich im Betrieb intermittierend oder kontinuierlich mit einer Geschwindigkeit von 0,5 bis 3 Umdrehungen/min drehen und gleichzeitig oder unabhängig um maximal 200 mm heben und senken. Dadurch konnte der ringförmige, den Rost bildende Durchlass 15 den variablen Betriebsbedingungen angepasst werden.

45

Der Gasgenerator war ferner mit einer gasdichten Beschickungseinrichtung bestehend aus einem schachtartigen Aufbau mit zwei als Schieber ausgeführten Beschickungsschleusen 51 ausgerüstet. Für alle diese Teile wurde Kohlenstoffstahl von ca. 10 mm Dicke verwendet. Das gleiche gilt für den an den Reaktor anschliessende Teil des Behälters 31 für feste und flüssige Reaktionsprodukte wie Asche, Schlacke und

## EP 0 609 802 A1

gegebenenfalls Destillationsrückstände (Holzkohle, Koks, Halbkoks). Der eigentliche schachtartige Reaktor 3 war nur im obersten Teil fest mit dem Aussenmantel 4 verbunden, so dass er freihängend sich nach allen Richtungen dehnen konnte. Der Aussenmantel 4 seinerseits stützte sich über Traversen und Gelenkhebel auf ein dreibeiniges Gestell aus kräftigen Stahlprofilen mit Füßen ab.

5 Die Anlage wurde wie folgt betrieben, wobei sich die nachstehenden Ergebnisse (Mittelwerte) zeigten:

10	Einsatzmaterial (Primärbrennstoff):		Altholz
	Durchsatz des Primärbrennstoffs:		250 kg/h
	Stückgrösse des Einsatzes:		30 - 90 mm
	Gasausbeute:		2,3 m <sup>3</sup> /kg Einsatz
	Gasmenge:		575 Nm <sup>3</sup> /h (= 160 dm <sup>3</sup> /s)
15	Unterer Heizwert des Gases (feucht):		3200 kJ/Nm <sup>3</sup>
	Chemo-thermische Leistung des Gases (Nennwert):		500 kW
20	Mittlere Gaszusammensetzung:	CO:	18 Vol.-%
		H <sub>2</sub> :	8 Vol.-%
		CH <sub>4</sub> :	2 Vol.-%
		CO <sub>2</sub> :	12 Vol.-%
		N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub> :	Rest

#### 25 Ausführungsbeispiel 2:

Siehe Figuren 3, 4, 7!

Es wurde eine Anlage für die kontinuierliche Vergasung von stückigem, organischem Abfall wie Kunststoff, Verbundwerkstoff, Altpappe etc. vorgesehen. Der Gasgenerator bestand im wesentlichen aus den gleichen ..  
 30 Bauelementen wie in Beispiel 1 (Reaktor 3, Aussenmantel 4, Herd 8) und hatte folgende Abmessungen:

35	Innendurchmesser des Reaktorschachtes	= 1000 mm
	Höhe der oberen Schachtpartie	= 1800 mm
	Innendurchmesser des Aussenmantels	= 2200 mm
	Aussendurchmesser des Aussenmantels	= 2450 mm
	Dicke der Aussenmantelisoliation	= 125 mm
40	Maximaler Herdinnendurchmesser	= 1050 mm
	Minimaler Herdinnendurchmesser (Verengung)	= 400 mm
	Oeffnungswinkel des sich verjüngenden Kegels	= 45°
	Oeffnungswinkel des sich erweiternden Kegels	= 70°
	Höhe des Herdes	= 2000 mm
45	Totale Höhe des Schachtes ohne Beschickungs- und Austragsvorrichtung (aktiver Teil)	= 4400 mm
	Querschnitt der schraubenlinienförmigen Kanäle	= 11,6 dm <sup>2</sup>

Für die tragenden Bauteile des Reaktors 3 und des Aussenmantels 4 sowie der Herdumkleidung wurde analog Beispiel 1 Cr/Ni-Stahl von 14 mm Dicke verwendet. Für die wärmedämmenden Isolierschichten 28, 29 und 30 wurde ebenfalls Keramikwolle herangezogen. Die schraubenlinienförmigen Kanäle 21 und 22 waren gemäss Fig. 4 angeordnet, wiesen eine radiale Breite von 500 mm und eine Höhe von 230 mm auf und bestanden aus 5 mm dickem Cr/Ni-Stahlblech. Der aus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bestehende Herdkörper 8 wies einen schraubenlinienförmigen Kanal 25 von total 4 Windungen und einem kreisförmigen Querschnitt von 3,8 dm<sup>2</sup> auf. Die mittlere Geschwindigkeit des Vergasungsmittels betrug ca. 15 m/s. Der Vollkegel 10 hatte einen Oeffnungswinkel von 70° und einen grössten Durchmesser von 880 mm. Er war aus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gefertigt und wies einen kegelig-wellenförmigen Kanal 35 von 1,55 dm<sup>2</sup> kreisförmigen Querschnitts auf. Es waren total 3 volle trapezförmige Wellen vorhanden. Die Geschwindigkeit des Vergasungsmittels, auf Normalzustand bezogen, betrug im Kanal 35 ca. 37 m/s. Der Vollkegel 10 war in gleicher Weise beweglich angeordnet und mit entsprechenden Antrieben versehen, wie unter Beispiel 1 beschrieben wurde.

## EP 0 609 802 A1

Was die Beschickungseinrichtung und den Austrag der Reaktionsprodukte anbelangt, so wird auf Beispiel 1 hingewiesen. Entsprechend der grösseren Dimensionen wurde hier eine Blechstärke des verwendeten Kohlenstoffstahls von 14 mm gewählt. Die Abstützung bzw. Aufhängung des Gasgenerators im Gestell erfolgte wie in Beispiel 1.

5 Betriebsdaten und Ergebnisse dieser Anlage stellten sich wie folgt:

10	Einsatzmaterial (Primärbrennstoff):		stückiger organischer Abfall
	Durchsatz des Primärbrennstoffs:		600 kg/h
15	Stückgrösse des Einsatzes:		20 - 60 mm
	Gasausbeute:		3,5 m <sup>3</sup> /kg Einsatz
20	Gasmenge:		2100 Nm <sup>3</sup> /h (= 580 dm <sup>3</sup> /s)
	Unterer Heizwert des Gases (feucht):		3600 kJ/Nm <sup>3</sup>
	Chemo-thermische Leistung des Gases (Nennwert):		2000 kW
	Mittlere Gaszusammensetzung:	C0:	20 Vol.-%
		H <sub>2</sub> :	10 Vol.-%
		CH <sub>4</sub> :	2 Vol.-%
		CO <sub>2</sub> :	11 Vol.-%
		N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub> :	Rest

### 25 Ausführungsbeispiel 3:

Siehe Figuren 3, 5, 6, 8(a)!

Die Anlage war für die kontinuierliche Vergasung von kompaktiertem Klärschlamm und ähnlichen, ursprünglich in feiner Form anfallenden Abfallstoffen vorgesehen. Das Ausgangsmaterial wurde zunächst an der Luft vorgetrocknet und dann unter hohem Druck weiter entwässert und zu ovalen Briketts gepresst. Der grundsätzliche Aufbau des Gasgenerators entsprach demjenigen von Beispiel 1. Die Hauptabmessungen stellten sich wie folgt:

35	Innendurchmesser des Reaktorschachtes	= 1500 mm
	Höhe der oberen Schachtpartie	= 2200 mm
40	Innendurchmesser des Aussenmantels	= 3200 mm
	Aussendurchmesser des Aussenmantels	= 3520 mm
45	Dicke der Aussenmantelisolierung	= 160 mm
	Maximaler Herdinnendurchmesser	= 1600 mm
	Minimaler Herdinnendurchmesser (Verengung)	= 600 mm
	Oeffnungswinkel des sich verjüngenden Kegels	= 42°
	Oeffnungswinkel des sich erweiternden Kegels	= 65°
	Höhe des Herdes	= 2800 mm
	Totale Höhe des Schachtes ohne Beschickungs- und Austragsvorrichtung (aktiver Teil)	= 5600 mm
	Querschnitt der schraubenlinienförmigen Kanäle	= 28 dm <sup>2</sup>

Für die hauptsächlichsten, hohen Temperaturen ausgesetzten Bauteile des Reaktors 3, des Aussenmantels 4 und der Umkleidung des Herdes 8 wurde ein austenitischer, stabilisierter Cr/Ni/Mo-Stahl von 20 mm Dicke verwendet. Die wärmedämmenden Isolierschichten 28, 29 und 30 bestanden aus hochtonerdehaltiger Keramikfaser für Einsatztemperaturen bis 1800°C. Die schraubenlinienförmigen Kanäle 21 und 22 waren gemäss Fig. 5 angeordnet und bestanden wie die Zwischenwand 33 aus Cr/Ni/Mo-Stahlblech von 6 mm Dicke. Sie wiesen eine radiale Breite von 375 mm und eine axiale Höhe von 750 mm auf. Der aus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bestehende Herd 8 war aus mehreren ringsegmentförmigen gesinterten Teilen zusammengebaut, die unter Zwischenschaltung von dünnen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Filzlagen mittels Keramikkleber hochelastisch miteinander verbunden waren. Der Herd 8 war durch einen schraubenlinienförmigen Kanal 25 von total 3 Windungen mit einem kreisförmigen Querschnitt von 5,6 dm<sup>2</sup> durchbrochen. Die mittlere Geschwindigkeit des Vergasungsmittels, bezogen auf Normalzustand, betrug ca. 25 m/s. Der Vollkegel 10 hatte einen Oeffnungswinkel von

## EP 0 609 802 A1

65° und einen grössten Durchmesser von 1300 mm. Er bestand aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und wies einen kegelig-schraubenlinienförmigen Kanal 23 mit 2 1/2 Windungen von 2,8 dm<sup>2</sup> kreisförmigen Querschnitt analog Beispiel 1 auf. Die Geschwindigkeit des Vergasungsmittels, auf Normalzustand bezogen, betrug im Kanal 23 ca. 50 m/s. Die Bewegungsmöglichkeiten des Vollkegels 10 sind bereits unter Beispiel 1 beschrieben.

Bezüglich der zusätzlichen Konstruktionselemente wird auf Beispiel 1 verwiesen. Die Blechstärken wurden im allgemeinen zu ca. 18 mm für das Konstruktionsmaterial Kohlenstoffstahl gewählt.

Die Betriebsparameter dieses Gasgenerators sind in nachstehender Tabelle festgehalten:

Einsatzmaterial (Primärbrennstoff):	brikettierter Klärschlamm	
Durchsatz des Primärbrennstoffs:	1600 kg/h	
Stückgrösse des Einsatzes:	50 mm	
Gasausbeute:	3,2 m <sup>3</sup> /kg Einsatz	
Gasmenge:	5100 Nm <sup>3</sup> /h (= 1,4 m <sup>3</sup> /s)	
Unterer Heizwert des Gases (feucht):	3500 kJ/Nm <sup>3</sup>	
Chemo-thermische Leistung des Gases (Nennwert):	5000 kW	
Mittlere Gaszusammensetzung:	CO:	19 Vol.-%
	H <sub>2</sub> :	10 Vol.-%
	CH <sub>4</sub> :	2 Vol.-%
	CO <sub>2</sub> :	11 Vol.-%
	N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub> :	Rest

Ein Teil des erzeugten Gasstromes wurde gemäss Fig. 8, linke Bildhälfte der Herdpartie entnommen (Umlaufgasentnahme 36) und mittels eines Heissgasgebläses 39 (0,8 m<sup>3</sup>/s) über die Rohrleitung 38 mit wärmedämmender Verkleidung 40 in die obere Partie der Beschickungssäule (Umlaufgasrückgabe 37) zurückgeschickt. Dadurch wurde die Beschickung zusätzlich absteigend im Gleichstrom von innen aufgeheizt und die Vergasungstemperatur gesteigert. Für die Rohrleitung 38 mit einem Querschnitt von 10 dm<sup>2</sup> wurde austenitischer Cr/Ni-Stahl von 8 mm Wandstärke verwendet. Die wärmedämmende Umkleidung 40 hatte eine Dicke von 70 mm und bestand aus Keramikwolle. Der Rotor des Heissgasgebläses 39 bestand aus einer warmfesten Nickelbasissuperlegierung für Betriebstemperaturen bis 950°C. Für noch höhere Temperaturen können gegebenenfalls Rotoren aus keramischem Material wie Siliziumnitrid, Siliziumkarbid oder Verbundkeramik eingesetzt werden. Da die Umlaufgasentnahme 36 im Glutbett der Beschickungssäule erfolgt, ist das entnommene Gas weitgehend frei von Teeren, Teerdestillaten, Phenolen, Alkoholen und Essigsäure, so dass nicht mit ernstlichen Hochtemperatur-Korrosionsproblemen gerechnet werden muss. Enthält das Gas jedoch nicht zu vernachlässigende Schwefelmengen, muss mit weitgehend nickelfreien, dafür hochchromhaltigen Werkstoffen gearbeitet werden.

#### Ausführungsbeispiel 4:

Siehe Figuren 3, 4, 8, 9!

Es wurde eine Anlage für die kontinuierliche Vergasung von stückiger Rohbraunkohle vorgesehen. Die grundsätzlichen Bauelemente des Gasgenerators waren die gleichen wie in Beispiel 1. Die Abmessungen sind nachstehend aufgeführt:

## EP 0 609 802 A1

	Innendurchmesser des Reaktorschachtes	= 3000 mm
	Höhe der oberen Schachtpartie	= 2600 mm
	Innendurchmesser des Aussenmantels	= 5500 mm
5	Aussendurchmesser des Aussenmantels	= 5860 mm
	Dicke der Aussenmantelisolierung	= 180 mm
	Maximaler Herdinnendurchmesser	= 3200 mm
	Minimaler Herdinnendurchmesser (Verengung)	= 1600 mm
	Durchmesser des festen Zentralkörpers	= 1440 mm
10	Maximale radiale Breite des ringförmigen Durchlasses	= 80 mm
	Höhe des festen Zentralkörpers	= 3000 mm
	Öffnungswinkel des sich verjüngenden Kegels	= 35°
	Öffnungswinkel des sich erweiternden Kegels	= 45°
	Höhe des Herdes	= 5400 mm
15	Totale Höhe des Schachtes ohne Beschickungs- und Austragsvorrichtung (aktiver Teil)	= 9000 mm
	Querschnitt der schraubenlinienförmigen Kanäle	= 120 dm <sup>2</sup>

In Anbetracht des bei den meisten unbehandelten, nicht aufbereiteten Braunkohlen nicht vernachlässigbaren Schwefelanteils wurden im vorliegenden Fall an den kritischen Stellen nickelhaltige Werkstoffe vermieden. Die Bauteile des Reaktors 3, des Aussenmantels 4, der Umkleidung des Herdes 8 und der schraubenlinienförmigen Kanäle 21 und 22 wurden aus einer ferritischen hochchromhaltigen, mit Aluminium- und Siliziumzusätzen dotierten Eisenbasislegierung hoher Oxydations-, Zunder- und Korrosionsbeständigkeit gefertigt. Die tragenden Teile waren aus Blechen von 30 mm, die Wärmeaustauscher aus solchen von 10 mm Dicke hergestellt. Die wärmedämmenden Isolierschichten 28, 29, 30 und 40 bestanden aus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Füllstoffen mit einer gewissen Eigenfestigkeit. Die schraubenlinienförmigen Kanäle 21 und 22 waren gemäss Fig. 4 ineinandergeschachtelt analog Beispiel 2 angeordnet. Sie hatten einen quadratischen Querschnitt von 1100 mm x 1100 mm. Der Herd 8 gemäss Fig. 9 bestand aus zwei Teilen, einem peripheren Teil mit doppelkegelförmigem konkaven Innenprofil mit Verengung und einem in der unteren Partie zylindrischen, in der oberen kegelförmigen feststehenden Zentralkörper. Beide Teile waren mit in Fig. 9 nicht eingezeichneten schraubenlinienförmigen Kanälen für das Vergasungsmittel (analog Bezugszeichen 25 und 23 in Fig. 3) versehen. Der Kanal im peripheren Teil des Herdes 8 hatte einen kreisförmigen Querschnitt von 20 dm<sup>2</sup> und wies 5 1/2 Windungen auf. Die mittlere Geschwindigkeit des Vergasungsmittels betrug in diesem Kanal ca. 30 m/s. Der Herd im Zentralkörper hatte einen kreisförmigen Querschnitt von 12 dm<sup>2</sup> und wies 4 1/2 Windungen auf. Die entsprechende mittlere Geschwindigkeit, auf Normalzustand bezogen, betrug ca. 50 m/s. Der zwischen den beiden Herdteilen eingeschobene, drehbare und vertikal verschiebbare, als Gegenstück, Herdabschluss und Rost dienende hohlkegelförmige Ringkörper 47 (Auslenkegel) war in Anbetracht der Forderung auf hohe Warmfestigkeit, Härte und Verschleissfähigkeit aus gesintertem Siliziumkarbid gefertigt.

Gemäss Fig. 8 wurde ein Teil des erzeugten Gasstromes, nämlich ca. 4 m<sup>3</sup>/s ähnlich Beispiel 3 der Herdpartie entnommen (Umlaufgasentnahme 36) und mittels Heissgasgebläse 39 über den Gegenstrom-Wärmeaustauscher 41 als Umlaufgas 42 in die obere Partie der Beschickungssäule (Umlaufgasrückgabe 37) injiziert. Dabei wurde das Umlaufgas 42 zusätzlich vom Heizgas 43 über die wärmeleitende Zwischenwand 44 aufgeheizt (Wärmestrom  $\dot{Q}$  mit Bezugszeichen 45). Die Rohrleitung 38 hatte einen Querschnitt von 40 dm<sup>2</sup>, so dass die mittlere Gasgeschwindigkeit, auf Normalzustand bezogen, 10 m/s betrug. Für die Rohrleitung 38 und den Wärmeaustauscher 41 wurde ferritischer Cr/Al-Stahl von 12 mm Wandstärke verwendet. Die wärmedämmende Verkleidung 40 hatte eine Dicke von 100 mm und bestand aus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Wolle. Der Rotor des Heissgasgebläses 39 bestand aus einer warmfesten ferritischen Cr/Al/Si/Fe-Legierung.

Die zusätzlichen Konstruktionselemente wurden aus niedriggekohtem Stahlblech von ca. 25 mm Dicke gefertigt. Es wird auf die Beschreibung unter Beispiel 1 verwiesen.

Betriebsdaten und Ergebnisse für diesen Gasgenerator stellten sich wie folgt:

## EP 0 609 802 A1

5	Einsatzmaterial (Primärbrennstoff):		stückige Rohbraunkohle (trocken)
	Durchsatz des Primärbrennstoffs:		6000 kg/h
	Stückgrösse des Einsatzes:		30 - 140 mm
	Gasausbeute:		3,6 m <sup>3</sup> /kg Einsatz
	Gasmenge:		21000 Nm <sup>3</sup> /h (= 6 m <sup>3</sup> /s)
	Unterer Heizwert des Gases (feucht):		3300 kJ/Nm <sup>3</sup>
10	Chemo-thermische Leistung des Gases (Nennwert):		20000 kW
15	Mittlere Gaszusammensetzung:	CO:	19 Vol.-%
		H <sub>2</sub> :	7 Vol.-%
		CH <sub>4</sub> :	3 Vol.-%
		CO <sub>2</sub> :	10 Vol.-%
		N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub> :	Rest

## Ausführungsbeispiel 5:

Siehe Figuren 3, 5, 8, 10!

Die Anlage wurde für die kontinuierliche Entgasung von stückiger Steinkohle ausgelegt. Die Steinkohle hatte einen Gehalt von ca. 15 bis 20 % flüchtigen Bestandteilen. Neben einer beträchtlichen Menge an Halbkoks wurde ein Starkgas mit vergleichsweise hohem Heizwert produziert. Der Entgasungsprozess wurde bei einer maximalen Temperatur in der Herdpartie von 550°C durchgeführt. Zum Anfahren der Anlage wurde zunächst mit Sauerstoffüberschuss gearbeitet, d.h. praktisch vergast, um die Beschickung auf Reaktionstemperatur zu bringen. Dann wurde die Sauerstoffzufuhr so weit heruntergedrosselt, dass bei Sauerstoffüberschuss nur gerade die Wärmebilanz (Aufheizung der Beschickung, endotherme chemische Reaktionen) ausgeglichen wurde. Dies entsprach etwa 10 % der Menge der normalen Vergasungsluft. Es wurde auf möglichst guten Wärmeaustausch und weitgehende Wärmerückgewinnung geachtet. Die Hauptabmessungen des Gasgenerators stellten sich wie folgt:

35	Innendurchmesser des Reaktorschachtes	= 1600 mm
	Höhe der oberen Schachtpartie	= 2400 mm
	Innendurchmesser des Aussenmantels	= 3200 mm
	Aussendurchmesser des Aussenmantels	= 3520 mm
	Dicke der Aussenmantelisoliation	= 160 mm
	Herdinnendurchmesser (peripherer Teil)	= 1800 mm
	Maximaler Durchmesser des festen Zentralkörpers	= 1650 mm
	Fussdurchmesser des Zentralkörpers	= 950 mm
	Öffnungswinkel des kegeligen Teils des Zentralkörpers	= 45°
	Maximale radiale Breite des ringförmigen Durchlasses	= 75 mm
	Höhe des Herdes (= Höhe des Zentralkörpers)	= 3000 mm
	Totale Höhe des Schachtes ohne Beschickungs- und Austragsvorrichtung (aktiver Teil)	= 6000 mm
45	Querschnitt der schraubenlinienförmigen Kanäle	= 16,6 dm <sup>2</sup>

Für die Blechkörper des Reaktors 3, des Aussenmantels 4 und der Umkleidung des Herdes wurde ein austenitischer Cr/Ni-Stahl von 20 mm Dicke verwendet. Die wärmedämmenden Isolierschichten 28, 29, 30 und 40 bestanden aus Keramikfasermatten. Die schraubenlinienförmigen Kanäle 21 und 22 waren gemäss Fig. 5 angeordnet und bestanden inklusive Zwischenwand 33 aus Cr/Ni-Stahlblech von 6 mm Dicke. Sie hatten eine radiale Breite von 350 mm und eine axiale Höhe von 475 mm. Der periphere Teil des Herdes 8 bestand aus mehreren gesinterten vollen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ringern und wies keine Kanäle auf. Der aus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Stampfmasse hergestellte Zentralkörper des Herdes war mit einem in Fig. 10 nicht eingezeichneten schraubenlinienförmigen Kanal für das Vergasungsmittel (im vorliegenden Fall nur in sehr reduzierter Menge gebraucht), von 4 dm<sup>2</sup> kreisförmigem Querschnitt versehen. Bei vollem Vergaserbetrieb (Anfahren) beträgt hier die mittlere Geschwindigkeit ca. 20 m/s. Der zwischen beiden Herdteilen eingeschobene hohlkegelförmige Ringkörper 50 (Innenkegel) hatte einen Öffnungswinkel von 45° und bestand aus

## EP 0 609 802 A1

gesintertem Siliziumkarbid.

Entsprechend Beispiel 4 war der Gasgenerator mit einer Einrichtung für Umlaufgas inklusive Wärmeaustauscher gemäss Fig. 8 (Bezugszeichen 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45) ausgerüstet. Hier wurde nun ein Mehrfaches des erzeugten Gasstromes, nämlich ca. 2 m<sup>3</sup>/s umgewälzt und über den Wärmeaustauscher 41 vom Heizgas 43 praktisch auf die Reaktionstemperatur von 550°C aufgeheizt. Die Rohrleitung 38 hatte einen Querschnitt von 20 dm<sup>2</sup>, die mittlere Gasgeschwindigkeit betrug 10 m/s. Im übrigen wird auf Beispiel 4 verwiesen. Als Werkstoff gelangte ein gewöhnlicher Cr/Ni-Stahl zur Verwendung.

Ueber die verbleibenden Konstruktionselemente wird auf Beispiel 1 verwiesen. Sie bestanden ausschliesslich aus gewöhnlichem weichen Kohlenstoffstahl von ca. 18 mm Dicke.

In nachstehender Zusammenstellung sind Betriebsdaten und Ergebnisse aufgeführt:

15	Einsatzmaterial (Primärbrennstoff):		stückige Steinkohle
	Durchsatz des Primärbrennstoffs:		3300 kg/h
20	Stückgrösse des Einsatzes:		20-75 mm
	Gasausbeute:		0,9 m <sup>3</sup> /kg Einsatz
25	Gasmenge:		3000 Nm <sup>3</sup> /h (= 835 dm <sup>3</sup> /s)
	Unterer Heizwert des Gases (feucht):		12000 kJ/Nm <sup>3</sup>
	Chemo-thermische Leistung des Gases (Nennwert):		10000 kW
	Mittlere Gaszusammensetzung:	C0:	20 Vol.-%
		H <sub>2</sub> :	4 Vol.-%
		CH <sub>4</sub> :	26 Vol.-%
		CO <sub>2</sub> :	3 Vol.-%
		N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub> :	Rest

Es versteht sich von selbst, dass sämtliche, in den Ausführungsbeispielen erwähnten Vorrichtungen mit den nötigen Ueberwachungs- und Steuergeräten wie Füllstandsanzeiger, Sonden, Thermoelemente, Manometer, Waagen, etc. ausgerüstet waren. Da die hiefür notwendigen Apparaturen dem allgemein bekannten Stand der Technik angehören, erübrigt sich hier eine weitere detaillierte Beschreibung. Es soll nur darauf hingewiesen werden, dass sich durch Einstellen und Verändern des ringförmigen Durchlasses 15 die Bewegung der Beschickungssäule und der Austrag der Reaktionsprodukte und damit die gesamte Betriebsweise bezüglich Durchsatz des zu verarbeitenden Primärbrennstoffs und der Vergasungs- bzw. Entgasungstemperatur in weiten Grenzen variieren und den jeweiligen Anforderungen anpassen lässt.

Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt.

Das Verfahren zur kontinuierlichen, mindestens teilweisen Ueberführung eines festen stückigen Brennstoffs oder brennbaren Abfallstoffs in einen gasförmigen Brennstoff durch Vorsortierung, Aufbereitung, mindestens teilweise Entgasung und/oder mindestens teilweise Vergasung in einem vertikalachsigen schachtartigen Reaktor 3, wobei das Ausgangsmaterial in Form einer nach abwärts rutschenden Beschickungssäule 1 sukzessive eine Vorwärmungs- und Trocknungs-, eine Entgasungs-, eine Oxydations- und eine Reduktionszone durchläuft, das vorgewärmte gasförmige Vergasungsmittel zentral 13 in die untere Partie des Inneren der Beschickungssäule injiziert wird und die durch Entgasung und Vergasung erzeugten, schliesslich den gewünschten gasförmigen Brennstoff 14 bildenden gas- und dampfförmigen Reaktionsprodukte im Gleichstrom zur Beschickungssäule vertikal absteigend nach unten geführt, nach oben umgelenkt und auf der Aussenseite der Reaktorwand streichend vertikal im Gegenstrom zur Beschickungssäule nach oben geleitet werden, wird durchgeführt, indem das gasförmige Vergasungsmittel 2 mit hoher Geschwindigkeit zunächst in einer schraubenlinienförmigen, nach abwärts gerichteten Bewegung 6 im Gegenstrom zu einer entsprechenden aufwärts gerichteten schraubenlinienförmigen Bewegung 7 des erzeugten gasförmigen Brennstoffs innerhalb der Mantelpartie 4 des schachtartigen Reaktors 3 geführt und erwärmt wird, in ebenfalls schraubenlinienförmiger Bewegung 9 durch das Innere eines Herdkörpers 8 mit hoher Wärmekapazität geleitet und weiter erwärmt, am unteren Ende des Reaktors vertikal nach oben umgelenkt und nach Durchlaufen einer künstlich verlängerten Strecke 12 unter gleichzeitiger Weitererwärmung im Innern eines von unten in die untere Partie der Beschickungssäule hineinragenden Zentralkörpers in letztere injiziert wird, wobei der die Beschickungssäule verlassende erzeugte gasförmige Brennstoff 14 durch einen ringförmigen Durchlass 15 nach unten ausgestossen, umgelenkt und mit hoher Geschwindigkeit im Gegenstrom 7 zum Vergasungsmittel 6 geführt und gekühlt wird, und indem ferner die hohe Wärmekapazi-

## EP 0 609 802 A1

tät des Herdkörpers 8 zur Ueberbrückung von Betriebsunterbrüchen und zur Durchführung von ein bestimmtes Temperaturprogramm erheischenden, dem kontinuierlichen Verfahren überlagerten intermittierenden Prozessen herangezogen wird.

In einer ersten Verfahrensvariante wird als Ausgangsmaterial im wesentlichen Steinkohle, Braunkohle oder Holz verwendet und der Prozess wird unter Sauerstoffmangel dergestalt geführt, dass die Entgasung überwiegt und die Vergasung zurücktritt und bei wahlweise einstellbaren Maximaltemperaturen von 500 bis 1100°C neben dem hochwertigen gasförmigen Brennstoff 5 von hohem Heizwert als weiteres Erzeugnis ein hochkohlenstoffhaltiger Destillationsrückstand 16 in Form von Koks, Halbkoks oder Holzkohle hergestellt wird.

In einer zweiten Verfahrensvariante wird als Ausgangsmaterial irgend ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff oder Abfallstoff verwendet und der Prozess wird unter hinreichendem Sauerstoffangebot dergestalt geführt, dass die Vergasung überwiegt und bei der Durchführung der letzteren eine maximale Temperatur in der Beschickungssäule von mindestens 1200°C eingestellt wird, wobei alle kondensierbaren höheren Kohlenstoffverbindungen wie Teere, Phenole, Essigsäure, Alkohole thermisch zersetzt, pyrolytisch gespalten und in brennbare stabile Gase wie CO, H<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> umgewandelt werden. Vorzugsweise wird als Ausgangsmaterial ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff und überwiegend ein Abfallstoff, der Cl-, F-, Zn-, Cd- und/oder Hg-haltig sein kann, ferner Müll, Kehrlicht, Klärschlamm in stückiger und/oder briquetisierter oder pelletisierter Form oder in irgend einer anderen kompaktierten Form mit oder ohne Bindemittel verwendet und die Vergasung bei einer maximalen Temperatur in der Beschickungssäule von mindestens 1500°C oder mindestens oberhalb der Verdampfungstemperatur der besagten giftigen Schwermetalle unter reduzierenden Bedingungen durchgeführt, wobei die Schwermetaldämpfe in einer Vorlage kondensiert und abgezweigt oder durch Zuschlag in der Beschickung chemisch gebunden und in die Schlacke oder Asche abgeführt werden.

In einer weiteren Verfahrensvariante wird ein Teil des erzeugten gasförmigen Brennstoffs aus der unteren Partie der Beschickungssäule abgezweigt 36, gegebenenfalls unter Zuführung von Wärme 45 zusätzlich aufgeheizt und als Umlaufgas 42 in die obere Partie der Beschickungssäule zwecks Wärmeübertragung injiziert, 37, ferner wird wahlweise zum Ausgleich der Wärmebilanz kontinuierlich oder intermittierend H<sub>2</sub>O-Dampf in die heisseste Zone des Glutbettes der Beschickungssäule injiziert, wobei der Heizwert des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs im Extremfall bis zu Werten eines Starkgases gesteigert wird.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der mindestens teilweisen Entgasung und/oder mindestens teilweisen Vergasung eines vorsortierten, aufbereiteten festen stückigen Brennstoffs oder brennbaren Abfallstoffs besteht aus einem vertikalachsigen schachtartigen Reaktor 3 mit gasdichter Beschickungseinrichtung 51 und gasdichter Ascheaustrag- oder Schlackenausstrag-Einrichtung, ferner aus einer Einleitung 2 des gasförmigen Vergasungsmittels und einer Ableitung 5 des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs sowie aus Wärmeaustauschern, wobei ein mindestens teilweise mit einer hochfeuerfesten Auskleidung 17 versehener Reaktorschacht 3 und ein eine nach unten zunehmende Verengung aufweisender hochfeuerfester keramischer Herd 8, dessen Unterseite mit einem als Rost mit veränderbarem Durchlassquerschnitt 15 wirkenden, vertikal verschiebbaren, drehbaren keramischen Gegenstück abschliessbar ist, ferner ein dreifacher zylindrischer Mantel 4 sowie eine frei bewegliche Reaktorschacht-Aufhängung vorhanden ist, und für die Zufuhr des gasförmigen Vergasungsmittels zwischen dessen Einleitung 2 und dessen Ausstoss 13 in die Beschickungssäule eine Reihe von nach steigender Temperatur hintereinander geschalteter örtlich in fallender Richtung angeordneter im wesentlichen aus zylindrischen oder kegeligen Grundformen bestehender Wärmeaustauscher, ferner ein keramischer Zentralkörper zur Führung und Injektion des gasförmigen Vergasungsmittels von unten in die untere Partie der Beschickungssäule hinein vorgesehen ist, der vergleichsweise tief in letztere hineinragt:

In einer ersten Ausführung weist der Herd 8 eine radial nach innen gerichtete Verengung mit doppelkegelförmigem Innenprofil auf, wobei die Beschickungssäule im Herdbereich auf jedem Niveau den Querschnitt eines Vollkreises mit abnehmendem Durchmesser ausfüllt, ferner stellt der keramische Zentralkörper gleichzeitig das drehbare und vertikal verschiebbare Gegenstück in Form eines Vollkegels 10 mit mindestens einem Zuführungskanal für das gasförmige Vergasungsmittel dar.

In einer zweiten Ausführung weist der Herd 8 eine radial nach aussen gerichtete Verengung mit kegel- oder paraboloidförmigem Innenkörper auf, wobei die Beschickungssäule im Herdbereich auf jedem Niveau den Querschnitt eines Kreistrings mit zunehmendem Innendurchmesser ausfüllt, ferner steht der der Führung des gasförmigen Vergasungsmittels dienende Zentralkörper im Raum fest und ist Bestandteil des Herdes 8, und das dem Herdabschluss dienende keramische Gegenstück hat die Form eines hohlkegelförmigen Ringkörpers mit Aussenkegel 47 oder Innenkegel 50, ist drehbar und vertikal verschiebbar und weist keine Kanäle auf.



## EP 0 609 802 A1

Vorzugsweise ist der hochfeuerfeste keramische Herdkörper 8 mit Hohlräumen zur Führung des gasförmigen Vergasungsmittels ausgerüstet, welche mindestens einen schraubenlinienförmigen Kanal 25 auf einer virtuellen Doppelkegelfläche oder Zylinderfläche darstellen, dessen Querschnitt derart bemessen ist, dass die Geschwindigkeit des durchströmenden Mediums mindestens 5 m/s beträgt. In analogem Sinne ist der unter anderem der Führung des gasförmigen Vergasungsmittels dienende Zentralkörper zu diesem Zweck in vorteilhafter Weise mit Hohlräumen in Form von mindestens einer kegeligen Schraubenlinie 23 oder mindestens einer auf einer virtuellen Kegelmantelfläche aufgewickelten Wellenlinie 35 versehen und besteht zwecks guter Wärmeleitung aus einem keramischen Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit und ist an seiner unteren Stirnfläche zur Herabsetzung von Wärmeverlusten mit einer wärmedämmenden Isolierschicht 30 verkleidet. In vorteilhafter Weise ist der Herdkörper 8 konstruktiv derart voluminös gestaltet, dass er eine hohe Wärmekapazität besitzt und aus einem Werkstoff hoher spezifischer Wärme wie hochkohlenstoffhaltige Stampfmasse besteht, in die eine aus Ringen und radialen Speichen bestehende Armierung aus einem Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit (wie Siliziumkarbid) zum Zwecke besserer radialer Wärmeleitung vom Glutbett der Beschickung in den Herdkörper 8 und umgekehrt eingebettet ist.

Die Vorrichtung ist ganz allgemein in vorteilhafter Weise derart konstruktiv gestaltet, dass die Mantelpartie 4 des Reaktorschachts 3 mit einer die Aussenhaut bildenden wärmedämmenden Isolierschicht 28 ausgerüstet ist und dass sich zwischen dem Aussenmantel 4 und der eigentlichen Reaktorwand 3 ein aus schraubenlinienförmigen Elementen bestehender Gegenstromwärmeaustauscher zur Wärmeübertragung vom erzeugten gasförmigen Brennstoff auf das gasförmige Vergasungsmittel befindet, dergestalt, dass entweder in einer Schicht angeordnete, ineinandergeschachtelte, abwechselungsweise vom einen und anderen gasförmigen Medium in entgegengesetzter Richtung mit einer Geschwindigkeit von mindestens 3 m/s durchströmte schraubenlinienförmige Kanäle 21; 22 vorhanden sind oder dass in zwei Schichten angeordnete entsprechende schraubenlinienförmige Kanäle 21; 22 vorhanden sind, wobei diejenigen für das gasförmige Vergasungsmittel aussen, diejenigen für den erzeugten gasförmigen Brennstoff innen liegen und durch einen wärmeleitenden Zwischenmantel 33 getrennt sind.

Vorteile der Erfindung:

- Das Verfahren ermöglicht die Erreichung höchstmöglicher Energieumwandlungs-Wirkungsgrade dank optimaler Wärmerückgewinnung.
- Das Verfahren gestattet die grösstmögliche Breite der Prozessführung, angefangen von der Tieftemperatur-Entgasung bis zur Höchsttemperatur-Vergasung inklusive aller Kombinationsmöglichkeiten sowohl simultan kontinuierlich wie nacheinander intermittierend.
- Das Verfahren liefert einen gasförmigen Sekundärbrennstoff hoher Reinheit und macht die Installation zusätzlicher Einrichtungen wie Gasreiniger und Katalysatoren überflüssig.
- Die Vorrichtung ist universell verwendbar und für die Verarbeitung und Umwandlung der verschiedensten Primärbrennstoffe und Abfallstoffe von der Steinkohle über das Holz bis zum Müll und Klärschlamm gleicherweise einsetzbar.
- Die Vorrichtung in ihrer vollständigen Ausführung lässt sich wahlweise für die Erzeugung eines Schwachgases oder eines Starkgases betreiben und gestattet die kurzfristige Umstellung der einen auf die andere Betriebsart ohne Umbau und Zusatzeinrichtungen.
- Die Vorrichtung ist in ihrem Aufbau einfach und stellt keine hohen Ansprüche an ihre Wartung.
- Die Vorrichtung lässt sich nach dem Baukastenprinzip von der einfachsten, primitivsten Grundform bis zur höchstentwickelten Ausführung für Spezialzwecke in wirtschaftlicher Weise fabrizieren und zusammenstellen.
- Die Vorrichtung lässt sich für einen weiten chemo-thermischen Leistungsbereich des Gases von 500 kW bis 20000 kW ausführen.

Bezeichnungsliste

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 50 | 1 | Aufgabe der Beschickung (fester stückiger Brennstoff)                                   |
|    | 2 | Einleitung des gasförmigen Vergasungsmittels (Luft)                                     |
|    | 3 | Schachtartiger Reaktor (zylindrische Wand)  |
|    | 4 | Aussenmantel des schachtartigen Reaktors  |
| 55 | 5 | Ableitung des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs                                    |
|    | 6 | Schraubenlinienförmige Führung des Vergasungsmittels in Mantelpartie                    |
|    | 7 | Schraubenlinienförmige Führung des gasförmigen Brennstoffs in Mantelpartie (Gegenstrom) |
|    | 8 | Herd (feuerfester keramischer Herdkörper)   |

## EP 0 609 802 A1

- 9 Schraubenlinienförmige Führung des Vergasungsmittels im Herdkörper  
 10 Vollkegel als Gegenstück, Herdabschluss und Rost von unten in Beschickungssäule hineinragend (drehbar, verschiebbar)  
 11 Vertikal nach oben gerichtete Zuführung des Vergasungsmittels im Vollkegel  
 5 12 Schraubenlinienförmige Führung des Vergasungsmittels im Vollkegel  
 13 Vertikaler Ausstoss des Vergasungsmittels aus Vollkegel (Injektion in Beschickung)  
 14 In Beschickung erzeugter, vertikal nach unten strömender gasförmiger Brennstoff  
 15 Ringförmiger, den Rost bildender Durchlass zwischen Herd und Gegenstück  
 16 Austrag fester und flüssiger Reaktionsprodukte (Asche, Schlacke, Destillationsrückstand)  
 10 17 Feuerfeste Auskleidung des Reaktorschachts  
 18 Doppelkegelförmiges konkaves Innenprofil mit Verengung des Herdes  
 19 Vertikales, den Vollkegel tragendes Zuführungsrohr für Vergasungsmittel  
 20 Drehbare, vertikal verschiebbare Welle als Träger und Führung des Vollkegels  
 21 Schraubenlinienförmiger Kanal (Wendel) für Vergasungsmittel in Mantelpartie  
 15 22 Schraubenlinienförmiger Kanal (Wendel) für gasförmigen Brennstoff in Mantelpartie  
 23 Kegelig-schraubenlinienförmiger Kanal (Wendel) für Vergasungsmittel im Vollkegel  
 24 Austrittsöffnung für Vergasungsmittel im Vollkegel  
 25 Kegelig-schraubenlinienförmiger Kanal (Wendel) für Vergasungsmittel im Herdkörper  
 26 Umlenkung des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs unterhalb Herd/Rost-Partie  
 20 27 Hohlzylindrischer Raum zwischen Herd und Aussenmantel zur vertikalen Führung des gasförmigen Brennstoffs  
 28 Wärmedämmende Isolierschicht des Aussenmantels  
 29 Wärmedämmende Isolierschicht des Herdkörpers  
 30 Wärmedämmende Isolierschicht der unteren Stirnfläche des Vollkegels  
 25 31 Behälter für feste und flüssige Reaktionsprodukte (Asche, Schlacke, Destillationsrückstand)  
 32 Aeussere Begrenzung der schraubenlinienförmigen Kanäle (= Innenseite des Aussenmantels)  
 33 Wärmeleitender Zwischenmantel  
 34 Eintrittsöffnung für Vergasungsmittel im Vollkegel  
 35 Kegelig-wellenlinienförmiger Kanal für Vergasungsmittel im Vollkegel  
 30 36 Umlaufgasentnahme aus unterer Partie der Beschickungssäule  
 37 Umlaufgasrückgabe in obere Partie der Beschickungssäule  
 38 Rohrleitung für Umlaufgas  
 39 Heissgasgebläse für Umlaufgas  
 40 Wärmedämmende Verkleidung  
 35 41 Gegenstrom-Wärmeaustauscher für Umlaufgas  
 42 Umlaufgas  
 43 Heizgas (Brennergas, Hochtemperatur-Abgas)  
 44 Wärmeleitende Zwischenwand des Wärmeaustauschers  
 45 Wärmestrom  $\dot{Q}$   
 40 46 Austrittsöffnung für Vergasungsmittel im zentralen kegeligen Teil des Herdkörpers  
 47 Hohlkegelförmiger Ringkörper (Aussenkegel) als Gegenstück, Herdabschluss und Rost (drehbar, verschiebbar)  
 48 Parabolisch/kegeliges konvexes Innenprofil des zentralen Teils des Herdes mit peripherer Verengung  
 45 49 Austrittsöffnung für Vergasungsmittel im zentralen Teil des Herdkörpers  
 50 Hohlkegelförmiger Ringkörper (Innenkegel) als Gegenstück, Herdabschluss und Rost (drehbar, verschiebbar)  
 51 Gasdichte Beschickungsschleusen (Schieber)

## 50 Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen, mindestens teilweisen Ueberführung eines festen stückigen Brennstoffs oder brennbaren Abfallstoffs in einen gasförmigen Brennstoff durch Vorsortierung, Aufbereitung, mindestens teilweise Entgasung und/oder mindestens teilweise Vergasung in einem vertikalachsigen schachtartigen Reaktor (3), wobei das Ausgangsmaterial in Form einer nach abwärts rutschenden Beschickungssäule (1) sukzessive eine Vorwärmungs- und Trocknungs-, eine Entgasungs-, eine Oxydations- und eine Reduktionszone durchläuft, das vorgewärmte gasförmige Vergasungsmittel zentral (13) in die untere Partie des Inneren der Beschickungssäule injiziert wird und die durch Entgasung und Vergasung

## EP 0 609 802 A1

- erzeugten, schliesslich den gewünschten gasförmigen Brennstoff (14) bildenden gas- und dampfförmigen Reaktionsprodukte im Gleichstrom zur Beschickungssäule vertikal absteigend nach unten geführt, nach oben umgelenkt und auf der Aussenseite der Reaktorwand streichend vertikal im Gegenstrom zur Beschickungssäule nach oben geleitet werden, dadurch gekennzeichnet, dass das gasförmige Vergasungsmittel (2) mit hoher Geschwindigkeit zunächst in einer schraubenlinienförmigen, nach abwärts gerichteten Bewegung (6) im Gegenstrom zu einer entsprechenden aufwärts gerichteten schraubenlinienförmigen Bewegung (7) des erzeugten gasförmigen Brennstoffs innerhalb der Mantelpartie (4) des schachtartigen Reaktors (3) geführt und erwärmt wird, in ebenfalls schraubenlinienförmiger Bewegung (9) durch das Innere eines Herdkörpers (8) mit hoher Wärmekapazität geleitet und weiter erwärmt, am unteren Ende des Reaktors vertikal nach oben umgelenkt und nach Durchlaufen einer künstlich verlängerten Strecke (12) unter gleichzeitiger Weitererwärmung im Innern eines von unten in die untere Partie der Beschickungssäule hineinragenden Zentralkörpers (10) in letztere injiziert wird, und dass der die Beschickungssäule verlassende erzeugte gasförmige Brennstoff (14) durch einen ringförmigen Durchlass (15) nach unten ausgestossen, umgelenkt und mit hoher Geschwindigkeit im Gegenstrom (7) zum Vergasungsmittel (6) geführt und gekühlt wird, und dass die hohe Wärmekapazität des Herdkörpers (8) zur Ueberbrückung von Betriebsunterbrüchen und zur Durchführung von ein bestimmtes Temperaturprogramm erheischenden, dem kontinuierlichen Verfahren überlagerten intermittierenden Prozessen herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Ausgangsmaterial im wesentlichen Steinkohle, Braunkohle oder Holz verwendet wird und dass der Prozess dergestalt geführt wird, dass die Entgasung überwiegt und die Vergasung zurücktritt und dass bei wahlweise einstellbaren Maximaltemperaturen von 500 bis 1100°C neben dem hochwertigen gasförmigen Brennstoff (5) von hohem Heizwert als weiteres Erzeugnis ein hochkohlenstoffhaltiger Destillationsrückstand (16) in Form von Koks, Halbkoks oder Holzkohle hergestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Ausgangsmaterial irgend ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff oder Abfallstoff verwendet wird und dass der Prozess dergestalt geführt wird, dass die Vergasung überwiegt und dass bei der Durchführung der letzteren eine maximale Temperatur in der Beschickungssäule von mindestens 1200°C eingestellt wird, dergestalt, dass alle kondensierbaren höheren Kohlenstoffverbindungen wie Teere, Phenole, Essigsäure, Alkohole thermisch zersetzt, pyrolytisch gespalten und in brennbare stabile Gase wie CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und Ballaststoffe umgewandelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Ausgangsmaterial ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff und überwiegend ein Abfallstoff, der Cl-, F-, Zn-, Cd- und/oder Hg-haltig sein kann, ferner Müll, Kehrlicht, Klärschlamm in stückiger und/oder brikettisierter oder pelletisierter Form oder in irgend einer anderen kompaktierten Form mit oder ohne Bindemittel verwendet wird und dass die Vergasung bei einer maximalen Temperatur in der Beschickungssäule von mindestens 1500°C oder mindestens oberhalb der Verdampfungstemperatur der besagten giftigen Schwermetalle unter reduzierenden Bedingungen durchgeführt und die Schwermetalldämpfe in einer Vorlage kondensiert und abgezweigt oder durch Zuschlag in der Beschickung chemisch gebunden und in die Schlacke oder Asche abgeführt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des erzeugten gasförmigen Brennstoffs aus der unteren Partie der Beschickungssäule abgezweigt (36), gegebenenfalls unter Zuführung von Wärme (45) zusätzlich aufgeheizt und als Umlaufgas (42) in die obere Partie der Beschickungssäule zwecks Wärmeübertragung injiziert (37) wird und dass wahlweise zum Ausgleich der Wärmebilanz kontinuierlich oder intermittierend H<sub>2</sub>O-Dampf in die heisseste Zone des Glutbettes der Beschickungssäule injiziert wird, dergestalt, dass der Heizwert des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs im Extremfall bis zu Werten eines Starkgases gesteigert wird.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der mindestens teilweisen Entgasung und/oder mindestens teilweisen Vergasung eines vorsortierten, aufbereiteten festen stückigen Brennstoffs oder brennbaren Abfallstoffs nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung aus einem vertikalachsigen schachtartigen Reaktor (3) mit gasdichter Beschickungseinrichtung (51) und gasdichter Ascheaustrag- oder Schlackenaustrag-Einrichtung, ferner aus einer Einleitung (2) des gasförmigen Vergasungsmittels und einer Ableitung (5) des zu erzeugenden gasförmigen Brennstoffs sowie aus Wärmeaustauschern besteht, dergestalt, dass ein mindestens teilweise mit einer hochfeuerfesten Auskleidung (17) versehener

## EP 0 609 802 A1

- Reaktorschacht (3) und ein eine nach unten zunehmende Verengung aufweisender hochfeuerfester keramischer Herd (8), dessen Unterseite mit einem als Rost mit veränderbarem Durchlassquerschnitt (15) wirkenden, vertikal verschiebbaren, drehbaren keramischen Gegenstück abschliessbar ist, ferner ein dreifacher zylindrischer Mantel (4) sowie eine frei bewegliche Reaktorschacht-Aufhängung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass für die Zufuhr des gasförmigen Vergasungsmittels zwischen dessen Einleitung (2) und dessen Ausstoss (13) in die Beschickungssäule eine Reihe von nach steigender Temperatur hintereinander geschalteter örtlich in fallender Richtung angeordneter im wesentlichen aus zylindrischen oder kegeligen Grundformen bestehender Wärmeaustauscher vorgesehen ist, und dass ein keramischer Zentralkörper zur Führung und Injektion des gasförmigen Vergasungsmittels von unten in die untere Partie der Beschickungssäule hinein vorgesehen ist, der vergleichsweise tief in letztere hineinragt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Herd (8) eine radial nach innen gerichtete Verengung mit doppelkegelförmigem Innenprofil aufweist, dergestalt, dass die Beschickungssäule im Herdbereich auf jedem Niveau den Querschnitt eines Vollkreises mit abnehmendem Durchmesser ausfüllt, und dass der keramische Zentralkörper gleichzeitig das drehbare und vertikal verschiebbare Gegenstück in Form eines Vollkegels (10) mit mindestens einem Zuführungskanal für das gasförmige Vergasungsmittel darstellt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Herd (8) eine radial nach aussen gerichtete Verengung mit kegel- oder paraboloidförmigem Innenkörper aufweist, dergestalt, dass die Beschickungssäule im Herdbereich auf jedem Niveau den Querschnitt eines Kreistrings mit zunehmendem Innendurchmesser ausfüllt, und dass der der Führung des gasförmigen Vergasungsmittels dienende Zentralkörper im Raum fest steht und Bestandteil des Herdes (8) ist, und dass ferner das den Herdabschluss dienende keramische Gegenstück die Form eines hohlkegelförmigen Ringkörpers mit Aussenkegel (47) oder Innenkegel (50) hat, drehbar und vertikal verschiebbar ist und keine Kanäle aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der hoch-feuerfeste keramische Herdkörper (8) mit Hohlräumen zur Führung des gasförmigen Vergasungsmittels ausgerüstet ist, welche mindestens einen schraubenlinienförmigen Kanal (25) auf einer virtuellen Doppelkegelfläche oder Zylinderfläche darstellen, dessen Querschnitt derart bemessen ist, dass die Geschwindigkeit des durchströmenden Mediums mindestens 5 m/s beträgt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der unter anderem der Führung des gasförmigen Vergasungsmittels dienende Zentralkörper zu diesem Zweck mit Hohlräumen in Form von mindestens einer kegeligen Schraubenlinie (23) oder mindestens einer auf einer virtuellen Kegelmantelfläche aufgewickelten Wellenlinie (35) versehen ist und dass er zwecks guter Wärmeleitung aus einem keramischen Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit besteht und an seiner unteren Stirnfläche zur Herabsetzung von Wärmeverlusten mit einer wärmedämmenden Isolierschicht (30) verkleidet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Herdkörper (8) konstruktiv derart voluminös gestaltet ist, dass er eine hohe Wärmekapazität besitzt und dass er aus einem Werkstoff hoher spezifischer Wärme wie hochkohlenstoffhaltige Stampfmasse besteht, in die eine aus Ringen und radialen Speichen bestehende Armierung aus einem Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit (wie Siliziumkarbid) zum Zwecke besserer radialer Wärmeleitung vom Glutbett der Beschickung in den Herdkörper (8) und umgekehrt eingebettet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelpartie (4) des Reaktorschachts (3) mit einer die Aussenhaut bildenden wärmedämmenden Isolierschicht (28) ausgerüstet ist und dass sich zwischen dem Aussenmantel (4) und der eigentlichen Reaktorwand (3) ein aus schraubenlinienförmigen Elementen bestehender Gegenstromwärmeaustauscher zur Wärmeübertragung vom erzeugten gasförmigen Brennstoff auf das gasförmige Vergasungsmittel befindet, dergestalt, dass entweder in einer Schicht angeordnete, ineinandergeschachtelte, abwechselungsweise vom einen und anderen gasförmigen Medium in entgegengesetzter Richtung mit einer Geschwindigkeit von mindestens 3 m/s durchströmte schraubenlinienförmige Kanäle (21; 22) vorhanden sind oder dass in zwei Schichten angeordnete entsprechende schraubenlinienförmige Kanäle (21; 22) vorhanden sind, wobei diejenigen für das gasförmige Vergasungsmittel aussen, diejenigen für den erzeugten gasförmigen Brennstoff

**EP 0 609 802 A1**

innen liegen und durch einen wärmeleitenden Zwischenmantel (33) getrennt sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

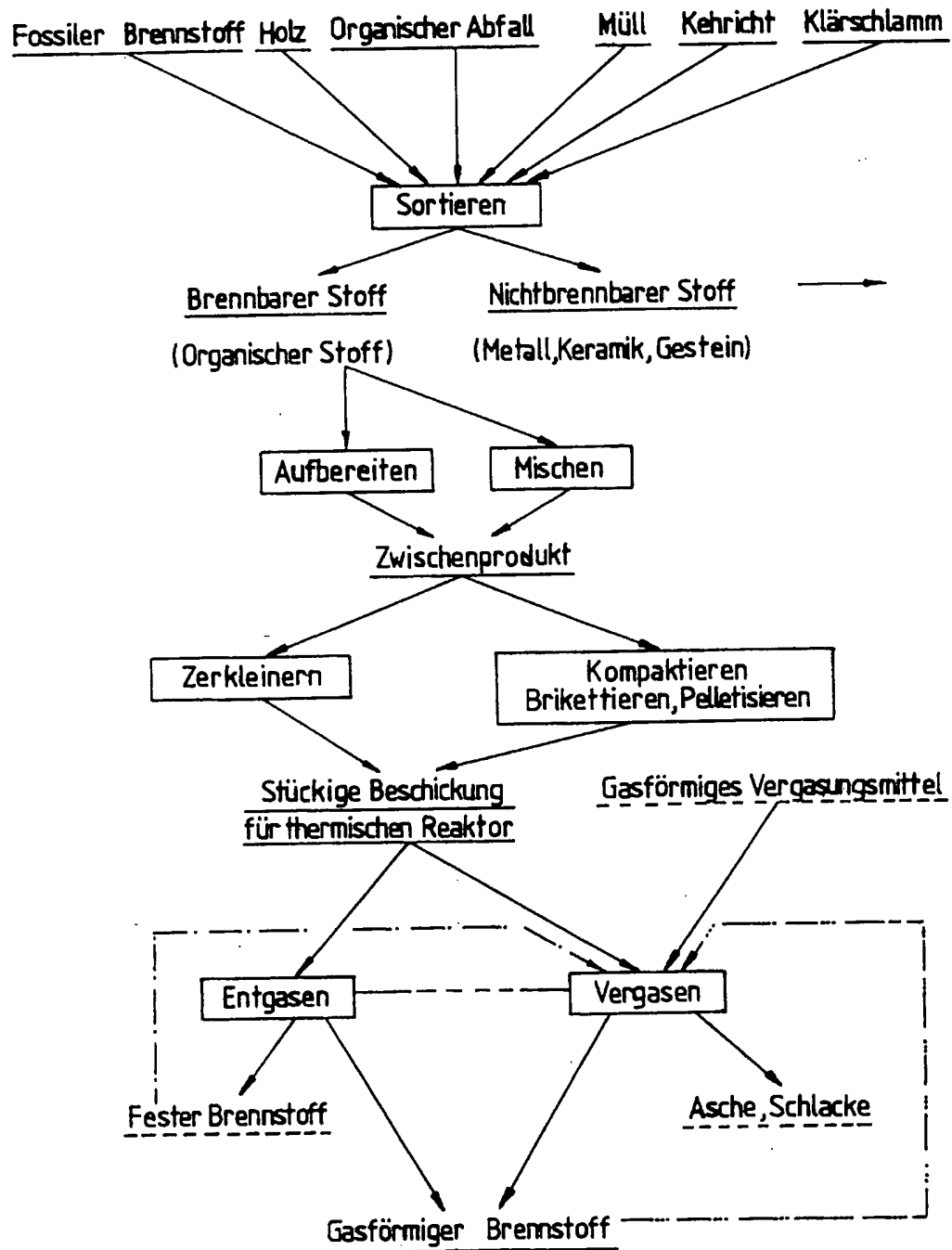
45

50

55

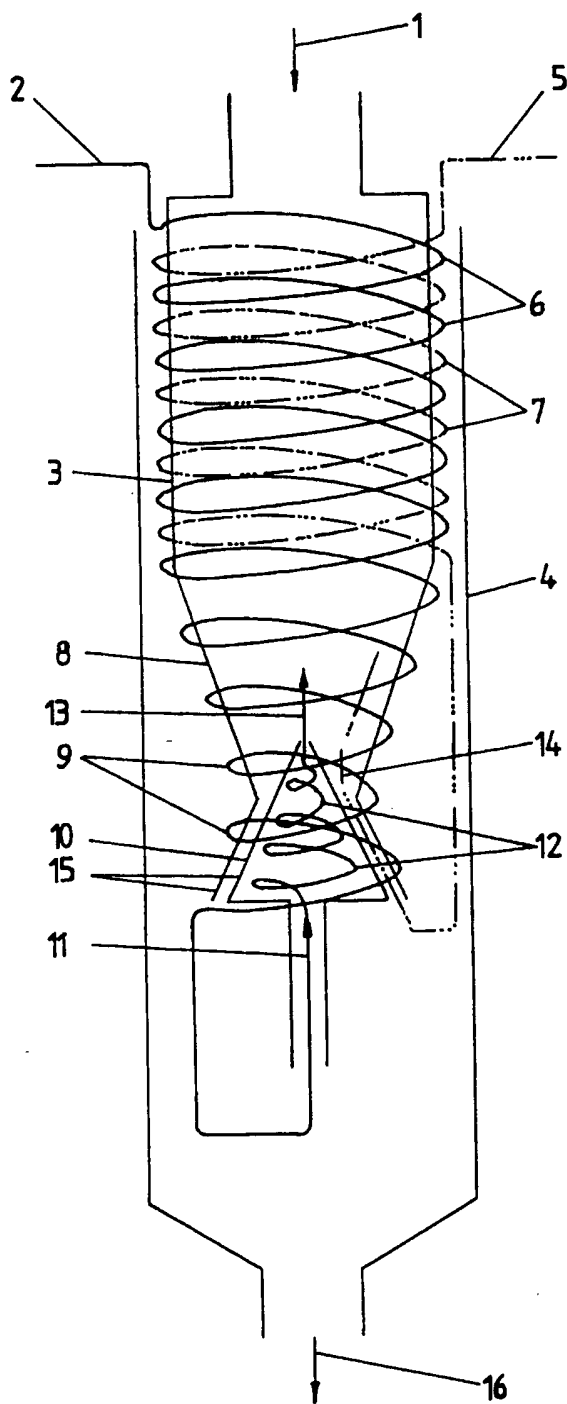
EP 0 609 802 A1

Fig.1



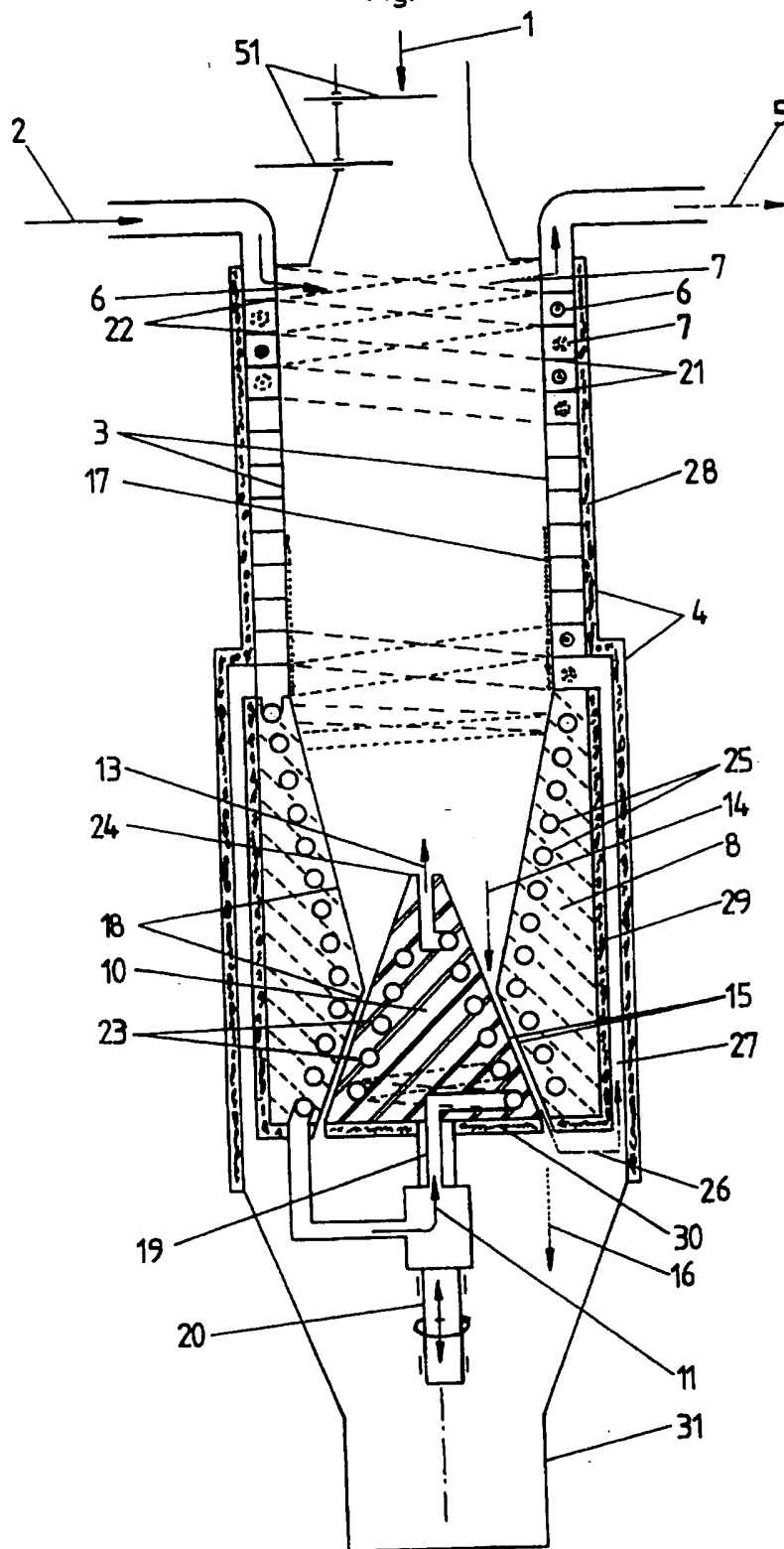
EP 0 609 802 A1

Fig. 2



EP 0 609 802 A1

Fig. 3





EP 0 609 802 A1

Fig.4

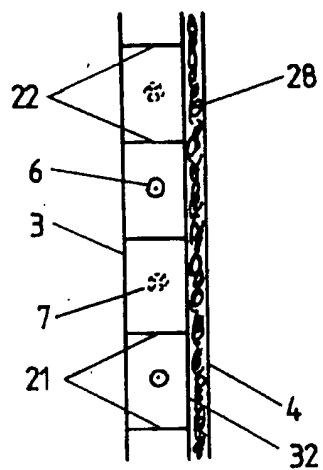


Fig.5

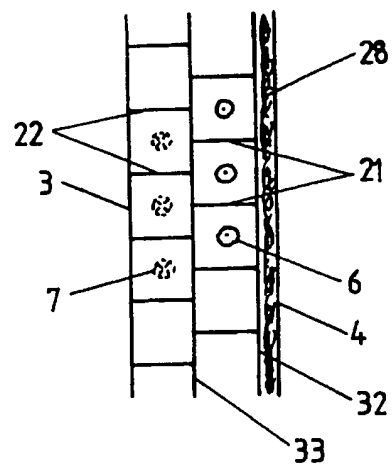


Fig. 6

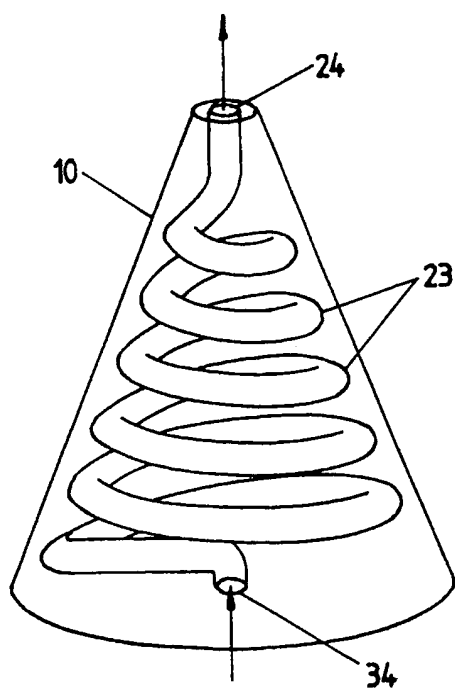
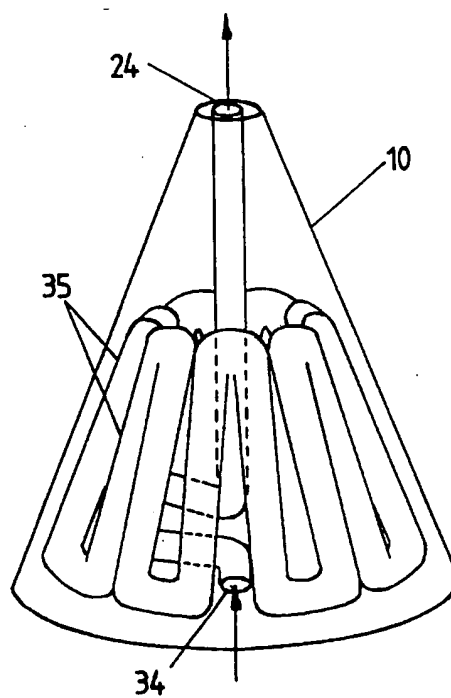


Fig.7



EP 0 609 802 A1

Fig.8

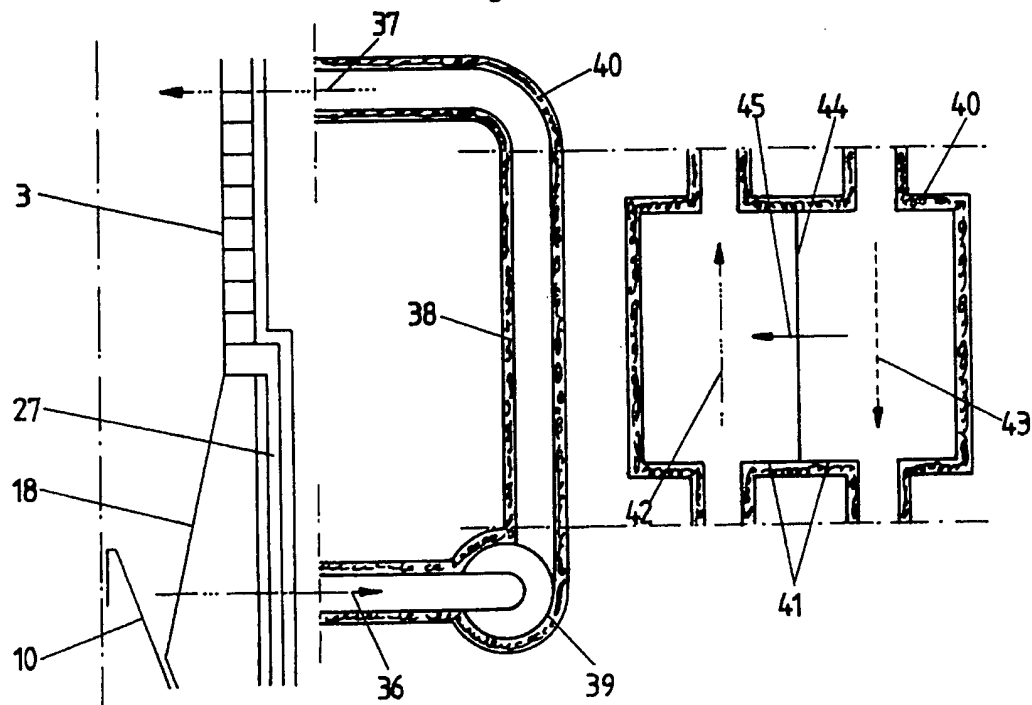


Fig.9

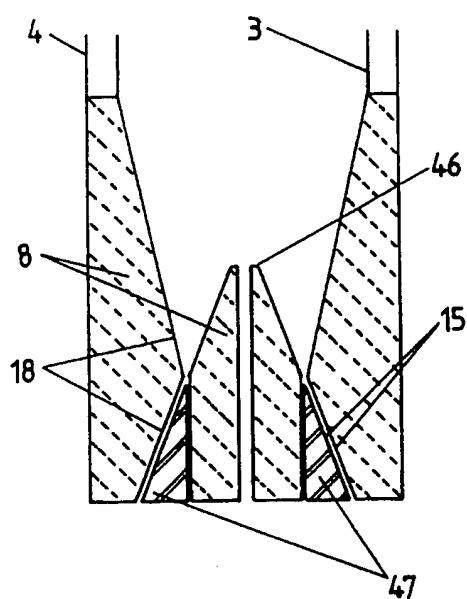
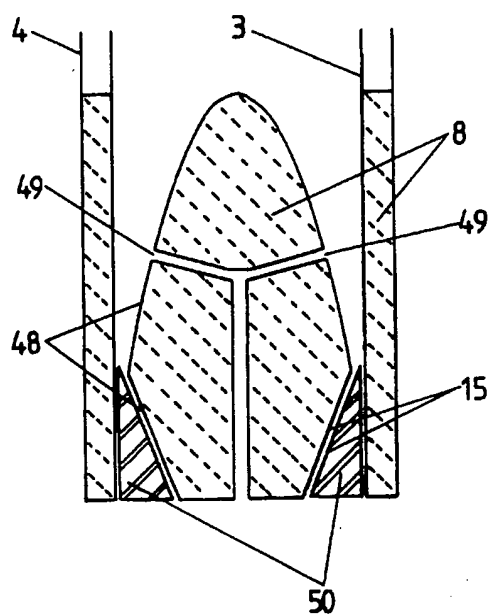


Fig.10





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 10 1381

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
A	FR-A-2 407 256 (POLYVALENT PATENT SERVICE) 25. Mai 1979 * Seite 16 - Seite 18; Ansprüche 1-11 * ---	1, 6	C10J3/26 C10J3/80
A	DE-A-33 23 675 (JANESCH.R.) 28. Februar 1985 * Seite 5, Absatz 1 * * Seite 7, Absatz 4 - Seite 8, Absatz 2 * ---	1, 2, 6	
A	FR-A-2 422 712 (MOTEURS DUVANT) 9. November 1979 * Seite 7, Zeile 1 - Seite 10, Zeile 27 * ---	1, 6	
A	DE-C-624 242 (KROMAG) 23. Mai 1934 * Seite 2, Zeile 25 - Zeile 105 * ---	1	
A	EP-A-0 159 420 (JAMES HOWDEN) 30. Oktober 1985 ---		
A	FR-A-2 505 350 (ENTREPRISE GEN. DE CHAUFFAGE IND. PILLARD) 12. November 1982 ---		
A	FR-A-2 519 017 (KERNFORSCHUNGSANLAGE JULICH) 1. Juli 1983 ---		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5) C10J
A	EP-A-0 240 483 (DISTRIGAZ) 7. Oktober 1987 ---		
A	BE-A-457 257 (FORSCHUNGSANSTALT PROF. JUNKERS) 30. September 1944 ---		
A	EP-A-0 055 440 (KERNFORSCHUNGSANLAGE JULICH) 7. Juli 1982 -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 25. April 1994	Prüfer Wendling, J-P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument * : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	